



Universidad  
Carlos III de Madrid

# MONTAJE Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA CÉLULA DESMOLDEADORA DE BANDEJAS DE HIELO

---

INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL: ELECTRÓNICA  
INDUSTRIAL

Autor: ALEJANDRO LORENZO MUÑOZ

Tutor: MIGUEL GONZÁLEZ-FIERRO PALACIOS

Leganés, mayo de 2013



# PROYECTO FIN DE CARRERA



**TÍTULO:** Montaje y automatización de una célula desmoldeadora de bandejas de hielo

**AUTOR:** Alejandro Lorenzo Muñoz.  
DNI: 02278761J

**TITULACIÓN:** Ingeniero Técnico Industrial: Electrónica Industrial

**TUTOR:** Miguel González-Fierro Palacios

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería de Sistemas y Automática





**Título:** Montaje y automatización de una célula desmoldeadora de bandejas de hielo.

**Autor:** Alejandro Lorenzo Muñoz

**Director:** Miguel González-Fierro Palacios

## EL TRIBUNAL

**Presidente:** \_\_\_\_\_

**Vocal:** \_\_\_\_\_

**Secretario:** \_\_\_\_\_

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día \_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE



# Agradecimientos

Quiero aprovechar esta oportunidad para agradecer a todas las personas que me han apoyado y han sido clave durante esta larga travesía.

En primer lugar, como no podría ser de otra forma, agradecer a mis padres, todo su esfuerzo y apoyo que aún a día de hoy me siguen dando, y que han hecho lo imposible para que pudiera llegar tan lejos como quisiera. A mi familia, hermanos y abuelos en especial por haber confiado siempre en mí. A mi novia, por haberme dado un motivo y un sentido para seguir adelante cada día y por hacerme feliz cada segundo que pasa.

A Miguel González-Fierro, mi tutor de proyecto, por estar siempre ahí para ayudarme y apoyarme cuando lo he necesitado durante todo este tiempo.

A todos las personas con las que he trabajado en Atomic Robotic, porque sin ellos no hubiera obtenido la fuerza y el conocimiento necesario para realizar este trabajo.

A mis amigos, por su apoyo y amistad, por hacer de los momentos más difíciles los más memorables, por haberme acompañado durante todos estos años de carrera entre risas y lágrimas.

A todos: Gracias.

Dedicado a mi abuela Pilar:

Tu sonrisa me sigue llegando desde allí arriba.

# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
a) Resumen de trabajo	4
b) Objetivos del trabajo	5
c) Descripción general de la célula desmoldeado	8
<b>2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>11</b>
a) Automatización de procesos	12
b) Modelado de sistemas de eventos discretos y control secuencial. Metodología GRAFCET y guía GEMMA	14
c) Fundamentos de Robótica	31
<b>3. DESCRIPCION DE LA INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA</b>	<b>51</b>
a) Autómata programable SIEMENS	52
b) Robot manipulador FANUC. Descripción Mordaza	58
c) Mesa elevadora	66
d) Prensa hidráulica	68
e) Otros dispositivos: carro, sensores, seguridades	70
<b>4. SOFTWARE UTILIZADO</b>	<b>76</b>
a) Software de programación del autómata: entorno de programación y sentencias básicas	77
b) Software asociado a la pantalla táctil de supervisión	94
c) Software de programación del Robot	104

<b>5. TRABAJO REALIZADO .....</b>	<b>140</b>
a) Consideraciones sobre el montaje del proceso .....	141
b) Diagrama de flujo y programación del Robot .....	150
c) Gestión de alarmas y seguridades .....	158
d) Graficets de funcionamiento .....	164
e) Secuencia final del proceso .....	165
 <b>6. PRESUPUESTO .....</b>	 <b>172</b>
 <b>7. CONCLUSIONES .....</b>	 <b>179</b>
 <b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	 <b>182</b>
 <b>ANEXO I: MANUAL DE USUARIO .....</b>	 <b>184</b>
<b>ANEXO II: PLANOS MECÁNICOS .....</b>	<b>201</b>
<b>ANEXO III: ESQUEMAS ELÉCTRICOS .....</b>	<b>210</b>
<b>ANEXO IV: GRAFCETS DE AUTÓMATA .....</b>	<b>234</b>

**Apartado 1:**

# **INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

## 1. Introducción y objetivos.

---

### a) RESUMEN DEL TRABAJO

Actualmente el mundo industrial trata de automatizar, en la medida de lo posible, cualquier proceso que esté en su mano. Automatizar un proceso es una tarea que requiere de unos conocimientos marcadamente multidisciplinarios, que abarcan prácticamente todas las ramas de la ingeniería, desde electrónica a neumática, pasando por electricidad, cálculo estructural, diseño, programación, etc.

Este proyecto trata de remarcar este carácter polifacético de una instalación automática cualquiera. Para ello estudiaremos unas nociones teóricas que resulten interesantes destacar y después lo aplicaremos a una instalación real, que ha sido diseñada, programada y construida, siendo la misma la figura central de este proyecto.

Primeramente mostraremos los conceptos básicos para cualquier proceso de este tipo; automatización, robótica.

En el siguiente punto hablaremos de todos los dispositivos que hemos utilizado en la instalación (el autómatas, el robot, sistemas neumáticos, sensores, sistemas de seguridad, etc.) explicando en algunos casos el funcionamiento de dicho dispositivo, y centrándonos en los elementos diseñados expresamente para esta instalación: la mordaza, el elevador y la prensa.

Después de hablar del hardware de nuestra instalación hablaremos del software utilizado, hay tres elementos independientes que se interrelacionan en nuestra instalación, el autómatas, el robot y la pantalla táctil de supervisión. Hablaremos del software de programación asociado a estos elementos.

Nos centraremos después más concretamente en nuestra instalación en particular, exponiendo todas las partes de nuestro trabajo que nos resulten interesantes, ya sea durante el montaje mismo de la instalación, los graficet utilizados, la gestión de alarmas y seguridades, el cálculo y dimensionamiento de algunos elementos de la instalación, etc.

Por último expondremos las conclusiones a las que hemos llegado durante la realización de este proyecto.



### b) OBJETIVOS DE LA INSTALACION

La instalación de la que hablamos está situada en una fábrica de hielo en Asturias. El cliente, **HIELOS DE ASTURIAS ( CUBERS)**, necesita automatizar la fase de desmoldeo de hielos del proceso.

Tendremos una entrada constante de carros con bandejas de hielo, siendo el objetivo de la instalación sacar de los carros, mediante el robot, bandejas de hielo y posicionarlas en una prensa. Automáticamente la prensa desmoldea el hielo de las bandejas y lo transporta a una tolva (pulmón) para su recogida. El robot a continuación devuelve las bandejas al carro en su misma posición.

Cuando se ha completado el desmoldeado de todas las bandejas del carro, el Robot se coloca en la “posición de Inicio” para repetir el proceso.

Para explicar con más detenimiento esta célula tendremos que centrarnos en los principales elementos que la constituyen.

El cliente nos da la única condición, que el robot vaya al ritmo de 30 Kg/minuto mínimo (cadencia máxima de la ensacadora).

La complicación de esta instalación radica tanto en la ingeniería requerida para adquirir la funcionalidad de los elementos requerida como en la disposición de los mismos, por lo que es requerido un estudio y un diseño personalizados para esta instalación.

La disposición resultó tal y como se puede ver en la figura 1.1:

## 1. Introducción y objetivos.

---

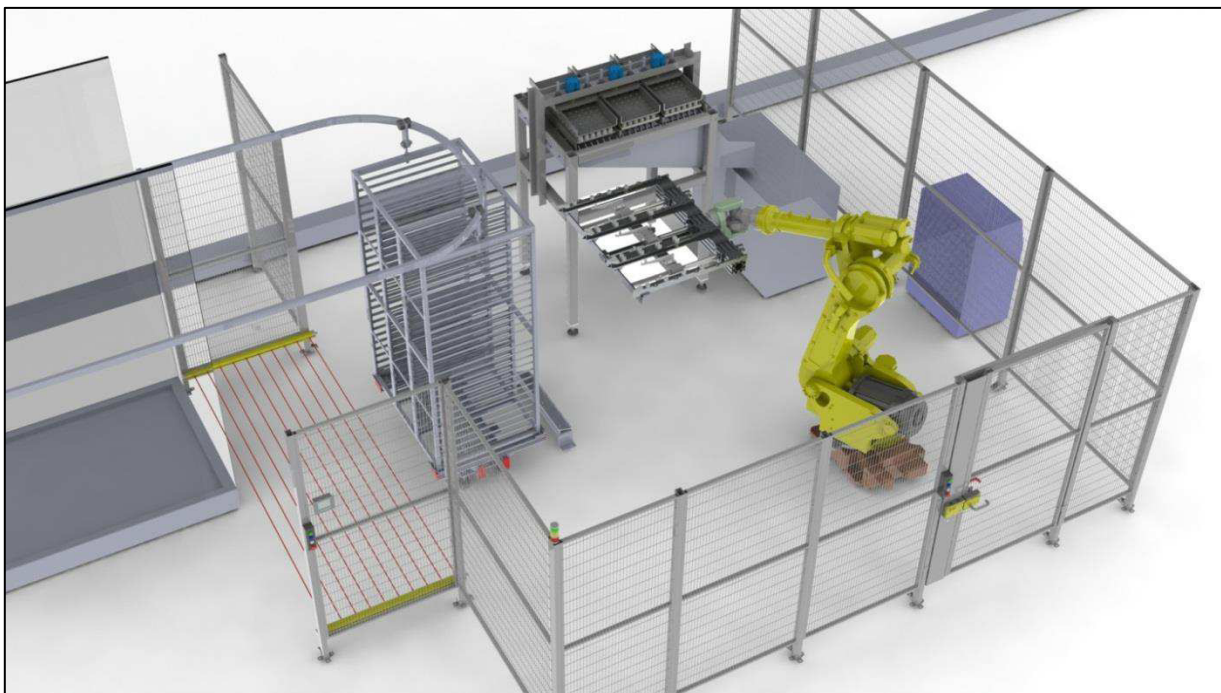


Figura 1.1. Imagen renderizada de la instalación.

La automatización industrial es un proceso complejo que precisa de unas habilidades multidisciplinarias, este proyecto está orientado a enseñar, de manera breve, cada una de estas disciplinas necesarias para una instalación de este tipo, ya sea automatización, programación, dimensionamiento de elementos mecánicos, etc.

Hay que remarcar que este proyecto fue diseñado, programado e instalado por el firmante de este proyecto durante la realización de las prácticas en la empresa Atomic Robotic, y está actualmente en pleno funcionamiento.

La elección de este proyecto fue, aparte de por incluir todos los elementos que consideramos básicos de una instalación industrial automática, por ser un proyecto real que ha pasado por todas y cada una de las fases, incluida la puesta a punto final en la fábrica del cliente.

## ***1. Introducción y objetivos.***

---

El objetivo general de este proyecto es aplicar las técnicas de automatización y puesta en marcha de un proceso industrial automático, dando una base teórica y mostrando un ejemplo concreto llevado a la práctica, desde la toma inicial de decisiones hasta la instalación de la misma, pasando por el diseño y la programación.

En conclusión subrayamos los siguientes OBJETIVOS DEL PROYECTO:

- Diseñar, automatizar e instalar una célula de desmoldado de sacos de hielo mediante un robot manipulador para una empresa (HIELOS DE ASTURIAS)
- Manejar y programar tanto el robot manipulador FANUC como el manejo de la instrumentación necesaria para la automatización (software para los autómatas SIEMENS y pantallas táctiles SIMATIC).
- Trabajar con un proceso real y solucionar los problemas derivados de la implementación, los requisitos de partida, montaje, trato con el cliente...
- Conseguir ser el núcleo principal de toda una fábrica de hielos y obtener un cliente satisfecho con nuestro trabajo gracias al hito de cero fallos y al buen hacer de nuestra ingeniería y planificación.

### c) DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CÉLULA DE DESMOLDEADO

Las opciones más habituales para una instalación de prensado de bandejas de este tipo es una prensa en la que el operario introduce las bandejas a mano una a una, por lo que el proceso resulta tanto caro en personal como lento.

Nuestra solución es tremendamente compacta, y la flexibilidad de un robot para el cambio nos resultará muy útil en caso de necesitar alguna modificación posterior; como valor añadido, un robot de este tipo siempre tiene la ventaja, para el cliente, de poder reciclarse en un futuro si el producto o la línea cambian por cualquier razón.

El propósito **General** de esta Instalación es el de sacar los cubitos de hielos de los moldes, los cuales se almacenan en bandejas y éstas a su vez en carros.

El robot sacará las bandejas de los carros una a una y las posicionará en la prensa donde serán presionadas hasta desmoldear los cubitos. A continuación, los cubitos de hielo, son transportados a una tolva que los acumula y selecciona, para seguidamente embolsar y paletizar.

Para comprender y gestionar correctamente la instalación, se distinguen dos 2 zonas interrelacionadas por el robot, que son:

#### **LINEA DE RECOGIDA DE BANDEJAS**

Comprende la zona en la que se encuentra el elevador hidráulico (Fig. 1.2). En esta zona el operario posiciona el carro encima del elevador, asegurando una posición fija e inamovible para dicho carro.

El Robot no irá a por las bandejas mientras algún sensor indique alguna mala posición de las bandejas en el carro o del carro en sí, evitando colisiones o mal funcionamiento.

## 1. Introducción y objetivos.

---

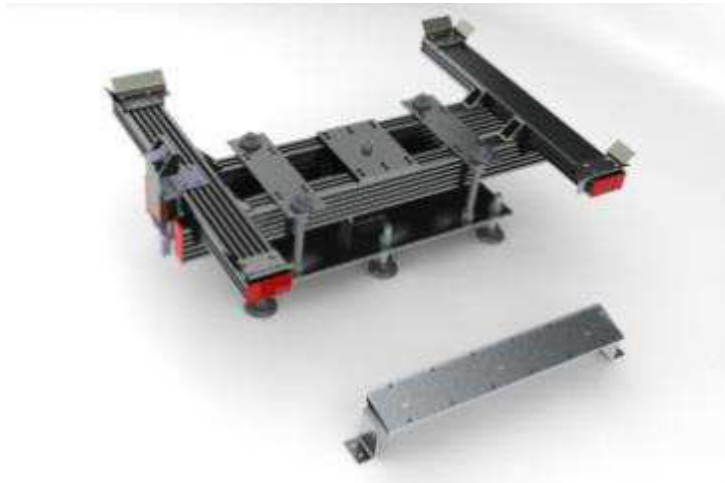


Figura 1.2. Sistema elevador de carros.

### 4.1.1 LINEA DE PRENSADO

Está situada en la zona en la que se emplaza la Prensa (Fig. 1.3). El Robot coloca las bandejas en la prensa y las oprime con la actuación de los cilindros hidráulicos, consiguiendo así sacar los hielos. Mediante un sistema de lonas desliza el hielo hasta la tolva, la cual que actúa de pulmón en la instalación.



Figura 1.3. Prensa hidráulica.

Es muy habitual que una solución para un problema nos plantee a su vez otros obstáculos. El problema ahora es que, mientras el robot está en espera mientras se cambia un carro vacío por uno lleno, la enbolsadora de hielo queda parada al no tener hielo que enbolsar. Esto se soluciona con la tolva actuando como pulmón y aumentando los ciclos por minuto del robot para que la tolva siempre esté a máxima capacidad y haya paradas en la producción.

## 1. Introducción y objetivos.

---

Tanto el elevador como la prensa deben situarse al alcance del robot, por lo que es requerido en el estudio una simulación completa del robot, en este caso utilizando el software FANUC ROBOGUIDE (Fig. 1.4), tanto para afianzar rangos como ciclos por minuto.

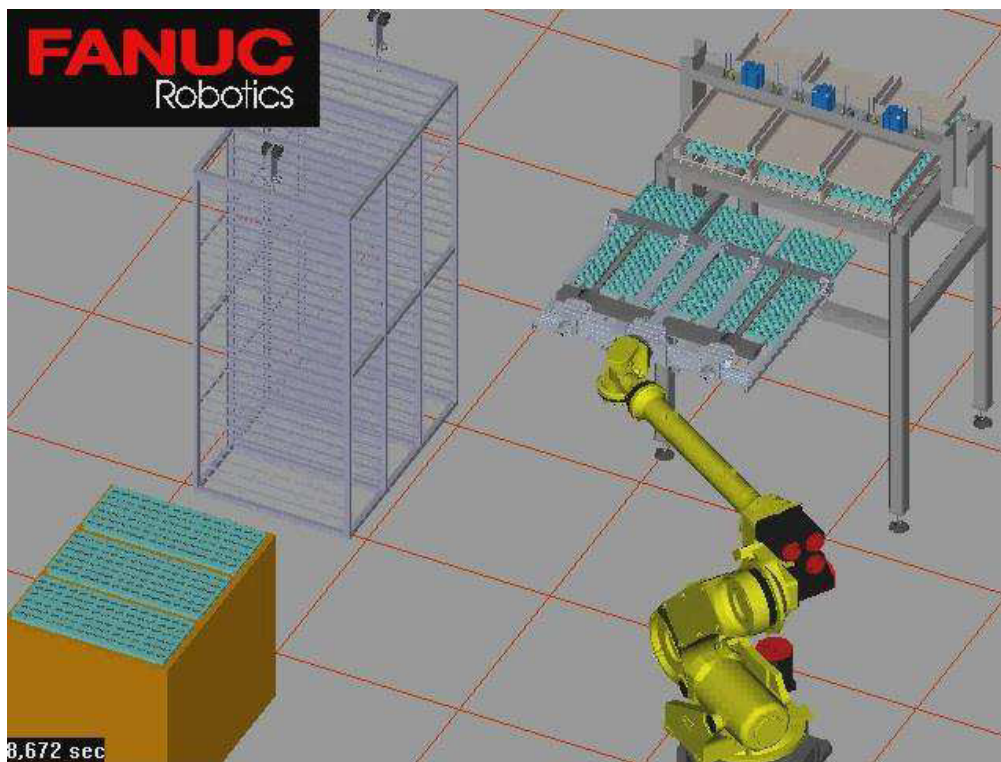


Figura 4. Simulación con Fanuc Roboguide.

Por último, como se puede apreciar, esta descripción no es demasiado exhaustiva, sólo se pretende dar un conocimiento global de funcionamiento de la Instalación y de las partes o zonas en que se divide. Las particularidades se detallan en apartados posteriores.

## **Apartado 2:**

# **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### a) AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Se conoce como automática la ciencia que trata de sustituir en un proceso al ser humano por dispositivos electrónicos o mecánicos, para mejorar la producción y eficiencia en el proceso [1].

Las primeras máquinas simples realizaban parte del trabajo del ser humano, ayudándolo a levantar pesos con una palanca o un sistema de poleas, mas adelante se consiguió no solo reducir, sino eliminar el esfuerzo humano en alguna tarea sencilla sustituyéndolo por viento, agua u otra energía renovable mediante molinos o sistemas similares, pero no fue hasta 1801, año en que Joseph Marie Jacquard patento un telar automático que usaba tarjetas perforadas, en el que podemos hablar de automatización propiamente dicha.

Desde entonces hasta mediados del siglo XX la automatización se utilizo en una escala relativamente pequeña, aplicable solo en procesos muy concretos, pero hasta la llegada de computadoras digitales no se logro automatizar un proceso completo con el grado de velocidad, adaptación, tiempo y tamaño suficientes como para resultar rentable.

Estas computadoras evolucionaron en dos tipos diferentes: PLC (Controlador Lógico Programable) y DCS (Sistema de Control Distribuido). El DCS estaba orientado a procesos analógicos, mientras que el PLC lo estaba a procesos de tipo discreto, aunque actualmente los dos se parecen cada vez más, siendo usados en todo tipo de procesos.

Las HMI (Interfaz Hombre-Máquina) son usados para comunicarse con los PLCs, para introducir o monitorear datos o mensajes de alarma.

Tenemos cuatro tipos de automatización:

- Automatización fija
- Automatización programable
- Automatización flexible
- Automatización total



## 2. Fundamentos Teóricos

---

La automatización fija es la menos versátil de todas, se utiliza para un proceso con un volumen de producción muy alto, con tasas de producción elevada y, debido a la escasa adaptabilidad y su alto coste, el proceso debe tener un ciclo de vida muy alto, por ejemplo en la fabricación de automóviles.

La automatización programable se utiliza con un volumen de producción relativamente bajo y una cierta diversidad de productos. En este caso el equipo se diseña para adaptarse a variaciones de configuración del producto por medio de Software

Por su parte, la automatización flexible es más adecuada para un rango de producción medio. Los sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre si por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

El escalón final es la automatización total de la producción, en la que, idealmente, la fabricación se realizaría sin intervención humana.

Ventajas de la automatización:

- Permite aumentar la producción y adaptarla a la demanda
- Disminuye el coste del producto
- Consigue mejorar la calidad del producto y mantenerla constante
- Mejora la gestión de la empresa
- Disminuye de la mano de obra necesaria
- Hace más flexible el uso de la herramienta

Algunos inconvenientes son:

- Incremento del paro en la sociedad
- Incremento de la energía consumida por producto
- Repercusión de la inversión en el coste del producto
- Exigencia de mayor nivel de conocimientos de los operarios

### b) MODELADO DE SISTEMAS DE EVENTOS DISCRETOS Y CONTROL SECUENCIAL (metodología GRAFCET y guía GEMMA)

Los primeros sistemas para el desarrollo de automatismos eran tremendamente intuitivos, pero cuando la complejidad de los sistemas aumentó se hizo evidente la necesidad de desarrollar sistemas que simplificaran y normalizaran la forma de diseñar procesos automáticos, aquí vamos a ver dos de estos sistemas, el método GRAFCET y la guía GEMMA, posteriormente, como conclusión, estableceremos una metodología general para automatizar un proceso utilizando estas dos herramientas.

#### • GRAFCET

El **GRAFCET** (*Graphe de commande etape-transition*) es un método gráfico, que permite representar los sistemas secuenciales. Un automatismo secuencial es aquel en el que las salidas en cada instante no dependen sólo de las entradas en aquel instante sino que también dependen de los estados anteriores y de su evolución [2].

Como vemos en la Fig. 2.1, un GRAFCET está compuesto por dos elementos básicos: **etapas** y **transiciones**. Cada etapa tiene **acciones** asociadas de forma que cuando una etapa está activa se realizan las acciones correspondientes; pero estas no podrán ejecutarse si la etapa no está activa.

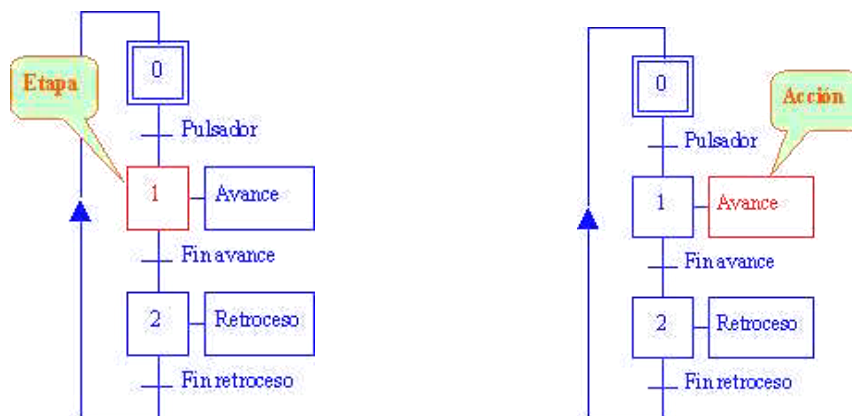


Figura 2.1. Etapa y Acción

## 2. Fundamentos Teóricos

Entre 2 etapas hay una **transición**, y cada transición tiene su **receptividad** correspondiente (Fig. 2.2), es decir una condición que ha de cumplirse para poder pasar la transición. Una transición es **válida** cuando la etapa anterior a ella está activa. Cuando una transición es válida y su receptividad asociada se cumple la transición es **franqueable**.

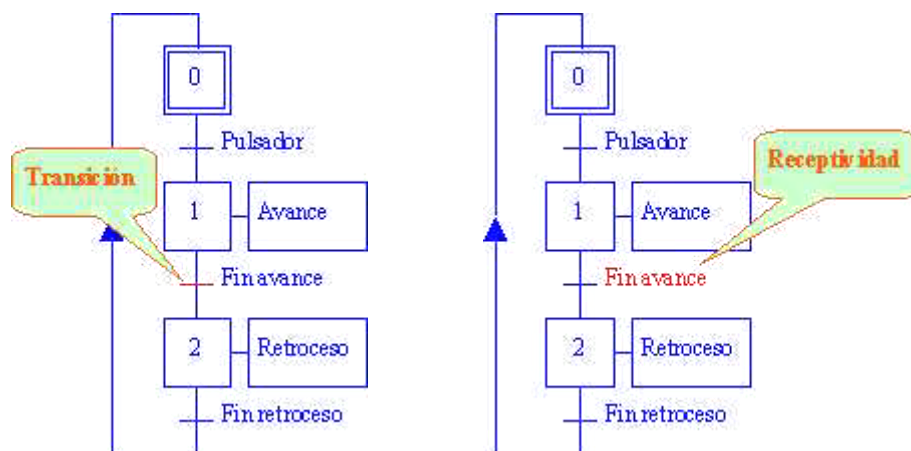


Figura 2.2. Transición y Receptividad.

Al franquear una transición se desactivan sus etapas anteriores y se activan las posteriores.

Las etapas iniciales (Fig. 2.3), que se representan con línea doble, se activan en la puesta en marcha.

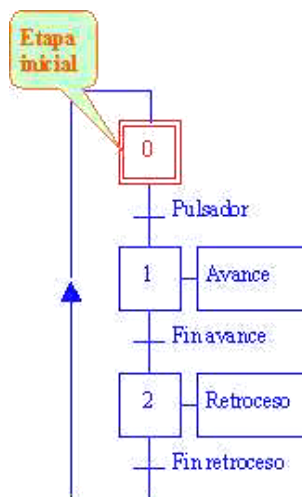


Figura 2.3. Etapa Inicial.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

El diseño de un grafcet pasa por tres niveles:

- nivel 1: **Descripción funcional**

En el primer nivel interesa una descripción general y poco detallada del automatismo que permita comprender rápidamente su función. Es el tipo de descripción que haríamos para explicar lo que queremos que haga el sistema.

Este GRAFCET no debería tener ninguna referencia a la tecnología utilizada; es decir no se especifica con qué sistema hacemos avanzar la pieza (cilindro neumático, motor y cadena, cinta transportadora, etc.), ni cómo detectamos su posición (fin de carrera, detector capacitivo, detector fotoeléctrico, etc.), ni tan siquiera el tipo de automatismo utilizado (autómata programable, neumática, ordenador industrial, etc.).

- nivel 2: **descripción tecnológica**

En este nivel se empieza a hacer una descripción a nivel tecnológico y operativo del automatismo. Como vemos en la Fig. 2.4, quedan definidas las diferentes tecnologías utilizadas para cada función. El GRAFCET describe las tareas que han de realizar los elementos escogidos. En este nivel completamos la estructura de la máquina y solo nos falta el automatismo que la controla.

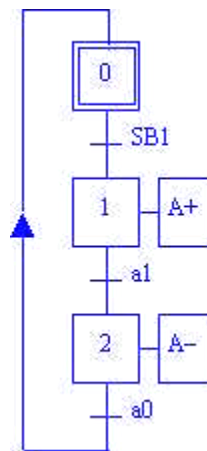


Figura 2.4. Descripción tecnológica.

## 2. Fundamentos Teóricos

### ○ nivel 3: **descripción operativa**

En este nivel se implementa el automatismo. El GRAFCET definirá la secuencia de actuaciones que realizaremos. Por ejemplo, en el caso de que se trate de un autómata programable, definirá la evolución del automatismo y la activación de las salidas en función de la evolución de las entradas (Fig. 2.5).

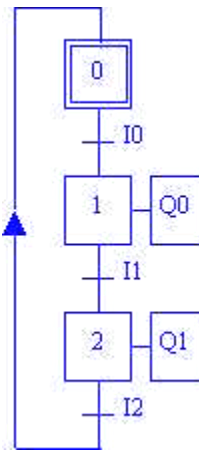


Figura 2.5. Descripción operativa.

Ahora vamos a ver los elementos, estructura, sintaxis, etc. de un grafcet:

#### ➤ **Etapas y transiciones**

Una etapa caracteriza el comportamiento del sistema representado; corresponde a una situación elemental que implica un comportamiento estable (Fig. 2.6).

Una etapa del GRAFCET se representa mediante un cuadrado identificado por un número; en este caso se ha representado la etapa 3. No puede haber dos etapas con el mismo número pero no hace falta que sean números consecutivos ni que respeten ningún orden. La entrada a una etapa es siempre por la parte superior y la salida por la parte inferior.



Figura 2.6. Etapa.

## 2. Fundamentos Teóricos

Como podemos ver en la Fig. 2.7, una etapa puede estar activa o inactiva. Cuando representamos el estado de un GRAFCET en un instante determinado, podemos representar las etapas activas con un punto en su interior o sombreándolo, en este caso las etapas 6 y 9 están activas. Un GRAFCET puede tener varias etapas activas simultáneamente.

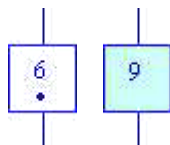


Figura 2.7. Etapa Activa.

Un cuadrado con línea doble (Fig. 2.8) significa una etapa inicial del GRAFCET; en este caso la etapa 7. Las etapas iniciales son las que se activan al inicializar el GRAFCET. Puede haber tantas etapas iniciales como queramos pero como mínimo una. Pueden estar situadas en cualquier lugar dentro del GRAFCET.



Figura 2.8. Etapa inicial.

Las transiciones se representan con un trazo perpendicular a la línea que une dos etapas consecutivas y representan la posibilidad de evolución de una etapa a la siguiente; esta evolución se produce al franquear la transición. El franqueamiento de una transición implica un cambio en la situación de actividad de las etapas.

Una transición está validada cuando todas las etapas inmediatamente anteriores están activas.



Figura 2.9. Transición.

Las transiciones pueden numerarse con un número entre paréntesis a la izquierda del trazo que representa la transición; por ejemplo la transición (4) sería:



Figura 2.10. Transición nº 4.

## 2. Fundamentos Teóricos

Una etapa puede tener varias entradas o salidas como apreciamos en la Fig. 2.11:

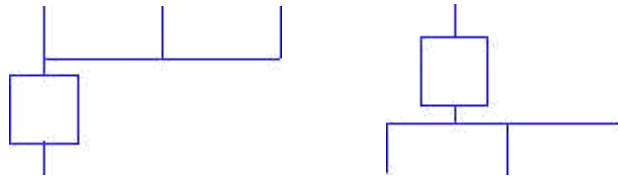


Figura 2.11. Etapa multi-entrada y multi-salida.

### ➤ Acciones asociadas a las etapas

Normalmente las etapas tendrán acciones asociadas. Las acciones representan lo que hay que hacer mientras la etapa está activa. Las acciones asociadas a una etapa pueden ser de externas o internas; las primeras implican la emisión de órdenes hacia el sistema que se está controlando mientras que las internas afectan a funciones propias del sistema de control (incremento de un contador, por ejemplo).

A veces interesa utilizar etapas sin acciones, en una situación de espera, por ejemplo.

Las acciones se representan como rectángulos unidos por un trazo con la etapa a la que están asociadas (Fig. 2.12). El rectángulo puede tener cualquier dimensión. En este caso la acción asociada a la etapa 3 es la apertura de una determinada válvula.

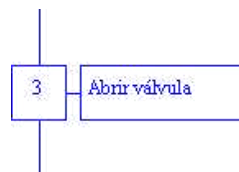


Figura 2.12. Acción.

Las acciones pueden escribirse literalmente (cerrar válvula, avanzar cilindro, etc.) o en forma simbólica (XBR, SL1, etc.), en este segundo caso será necesaria una tabla donde se indique el significado de los símbolos utilizados. En el caso de que una etapa tenga más de una acción, se pueden representar de varias formas, como muestra la Fig. 2.13.



Figura 2.13. Ejemplo Acciones.

## 2. Fundamentos Teóricos

Las acciones pueden estar condicionadas (Fig. 2.). Cuando pasa esto la acción sólo se ejecuta mientras la etapa está activa y se verifica la condición. En las figuras siguientes se han dibujado dos formas de representar que la etapa 3 tiene dos acciones de las cuales la acción de calentar tiene una condición (termostato).



Figura 2.14. Acciones condicionadas.

### ➤ Receptividad asociada a las transiciones

Receptividad es la condición requerida para poder franquear una transición válida. Una receptividad puede ser cierta o falsa y se puede describir en literal o simbólicamente (fin retroceso, temperatura alcanzada, o bien SA1, BQ3, etc.), en este segundo caso será necesaria una tabla para indicar el significado de los símbolos utilizados.

Una receptividad puede estar compuesta por un solo dato o por una ecuación booleana que incluya varios datos. Mientras el resultado de la ecuación booleana sea 0 (falso) la transición no podrá ser franqueada y sí podrá serlo cuando el resultado sea 1 (cierto).

### ➤ Secuencia

Una secuencia es una sucesión de etapas y transiciones en la que las etapas se activan una detrás de otra. Una secuencia está activa cuando, por lo menos, una de sus etapas está activa. Una secuencia está inactiva cuando todas sus etapas están inactivas.

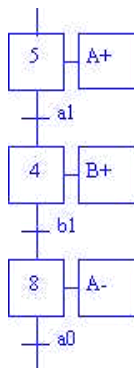


Figura 2.15. Secuencia.



## 2. Fundamentos Teóricos

### ➤ Selección de secuencia

Una determinada etapa, puede bifurcarse en dos (o más) secuencias entre las que se escogerá en función de las transiciones. No hace falta que las distintas secuencias tengan el mismo número de etapas, como apreciamos en la Fig. 2.16:

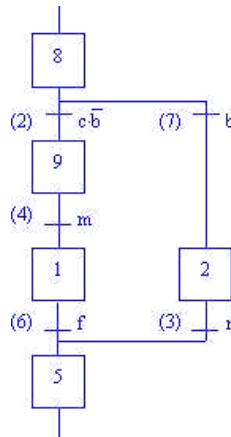


Figura 2.16. Secuencia con etapas.

En la selección de secuencia es imprescindible que las receptividades asociadas a las transiciones de selección, en el ejemplo las transiciones (2) y (7), sean excluyentes.

Un caso particular de selección es el salto de etapas, en el que una de las secuencias no tiene ninguna etapa. Como vemos en la figura 2.17, si estamos en la etapa 3 y se cumple  $b$  no se activarán las etapas 4 y 5 si  $c$  es cierta.

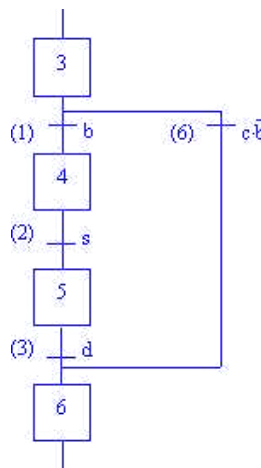


Figura 2.17. Salto de etapas

## 2. Fundamentos Teóricos

Un caso particular del salto de etapas el salto se puede realizar en sentido ascendente, de forma que se repite la secuencia de etapas anteriores al salto.

En la Fig. 2.18, se irá repitiendo la secuencia formada por las etapas 2 y 3 hasta que b sea falsa y c cierta.

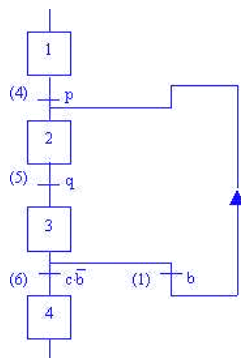


Figura 2.18. Salto ascendente.

### ➤ Paralelismo estructural

A partir de una determinada etapa, hay varias secuencias que se ejecutan al mismo tiempo. No hace falta que las distintas secuencias tengan el mismo número de etapas. El inicio de secuencias paralelas se indica con una línea horizontal doble después de la transición correspondiente. De la misma forma, el final de las secuencias paralelas se indica con otra línea horizontal doble antes de la transición correspondiente; esta transición sólo es válida cuando todas las etapas inmediatamente anteriores están activas. En la figura 2.19, al franquear la transición (4), se activarán las etapas 2 y 3 y las dos secuencias trabajarán simultáneamente. La transición (1) sólo será válida cuando estén activas las etapas 3 y 5.

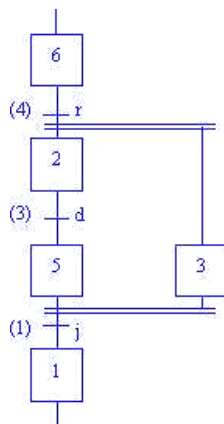


Figura 2.19. Paralelismo.

## 2. Fundamentos Teóricos

### ➤ Paralelismo interpretado

El paralelismo interpretado aparece cuando una etapa tiene dos (o más) salidas y las transiciones correspondientes no son excluyentes.

En la figura 2.20, si c y b son ciertas a la vez, se activarán las etapas 1 y 2 simultáneamente. Así pues si en la estructura de selección de secuencia no se garantiza que las receptividades son excluyentes, se tendrá un paralelismo interpretado en el caso de que ambas receptividades se hagan ciertas al mismo tiempo o en el caso de que ambas sean ciertas cuando se validen las correspondientes transiciones.

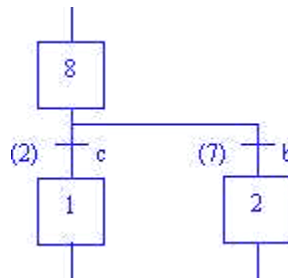


Figura 2.20. Paralelismo interpretado.

Las acciones y las receptividades pueden venir condicionadas, además de por variables externas, por el estado de activación de las etapas o por el tiempo.

### ➤ Condicionamiento por etapas

A menudo interesará que nuestra condición sea el hecho de que una etapa esté activada o desactivada. Para referirnos a una etapa lo haremos con la letra X tal como aparece en la Fig 2.21. Así en la figura la receptividad será cierta mientras la etapa 20 esté activa y sólo se realizará la acción cuando estén activas al mismo tiempo las etapas 3 y 12.

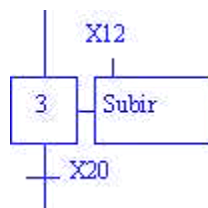


Figura 2.21. Condicionamiento.

## 2. Fundamentos Teóricos

### ➤ Acciones y receptividades condicionadas por el tiempo

En muchos casos hay que utilizar condiciones condicionadas por el tiempo. El GRAFCET tiene prevista una forma estándar de considerar el tiempo. Hay dos notaciones para referirse al tiempo.

La primera notación (Fig. 2.22), consta de la letra *t* seguida de una barra, después el número de etapa que se toma en consideración, una nueva barra y el tiempo a considerar. Esta condición es cierta cuando el tiempo transcurrido desde que se activa la etapa indicada supera el tiempo fijado. Por ejemplo la condición *t/7/5s* será cierta cuando hayan pasado cinco segundos desde la última activación de la etapa 7.

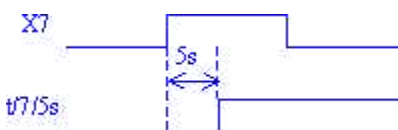


Figura 2.22. Notación *t1*.

La segunda notación establece dos valores de tiempo (*t1* y *t2*) situados con una variable cualquiera entre medias (Fig. 2.23). Esta condición pasa de falsa a cierta cuando el tiempo transcurrido desde la última activación de la variable indicada supera el tiempo *t1* y pasa de cierta a falsa cuando ha transcurrido un tiempo *t2* desde la última desactivación de la variable considerada. Por ejemplo la condición *5s/X7/7s* pasará a ser cierta cuando hayan pasado cinco segundos desde la última activación de la etapa 7 y volverá a falsa cuando hayan pasado siete segundos de la desactivación de la etapa 7.

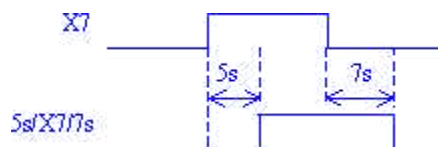


Figura 2.23. Notación *t1* y *t2*.

### ➤ Receptividades condicionadas por flancos

En vez de usar condiciones booleanas podemos tener en cuenta el cambio de estado de la variable, con una flecha hacia arriba como en la Fig 2.24, la transición es válida cuando la variable pasa de desactivado a activado.



Figura 2.24. Condición por flanco positivo.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

En la figura 2.25, la receptividad es cierta en el instante en el que la variable  $b$  pasa de activada a desactivada. Si la transición es válida cuando  $b$  pasa de activada a desactivada, la transición se franqueará; en el caso de que la transición se haga válida después del cambio de estado de  $b$ , no será franqueada.



Figura 2.25. Condición por flanco negativo.

### ➤ Etapas y transiciones fuente y pozo

La figura siguiente (Fig. 2.26) representa una fuente. La etapa 7 se activará al inicializar el sistema y se desactivará cuando la receptividad  $m$  sea cierta. No podrá activarse de nuevo hasta que haya una nueva inicialización del GRAFCET.

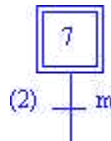


Figura 2.26. Etapa inicial: fuente

La figura 2.27 representa una transición fuente, es decir una transición siempre validada. Cada vez que la receptividad  $m$  sea cierta, la etapa 1 se activará.

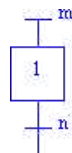


Figura 2.27. Transición fuente.

La figura siguiente (Fig. 2.28) es una etapa pozo, una vez activada no se puede desactivar. Es posible que una etapa sea fuente y pozo al mismo tiempo.

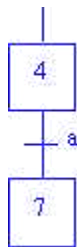


Figura 2.28. Etapa final: pozo.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

Finalmente, la figura 2.29 representa una transición pozo. Cada vez que la receptividad sea cierta, se desactivará la etapa anterior.



Figura 2.29. Transición pozo.

- **GEMMA**

En un proceso automatizado la máquina no está funcionando siempre de forma automática y sin problemas sino que, a menudo, aparecen inconvenientes que hacen parar el proceso, como por ejemplo averías, falta de piezas, material defectuoso, mantenimiento, etc.

Normalmente, estas contingencias son previsibles y el propio automatismo está preparado para detectar defectos y averías.

Para fijar una forma universal de denominar y definir los diferentes estados que puede tener un sistema, la GEMMA fija una forma normalizada de definir los distintos estados por los que puede pasar un sistema, y es una guía gráfica que ayuda a presentar los distintos modos de marcha de una instalación además de las formas y condiciones para pasar de un modo a otro.

La GEMMA y el GRAFCET se complementan, una al otro, permitiendo una descripción progresiva del automatismo de producción.

Un automatismo consta de dos partes fundamentales: el sistema de producción y el control de este sistema (ordenador, autómatas, etc.).

Cuando el control está alimentado, el sistema puede estar en tres situaciones: en funcionamiento, parado (o en proceso de parada) y en defecto. Puede haber producción cualquiera de estas situaciones; en funcionamiento sin ninguna duda pero también podemos producir cuando estamos en proceso de parada y cuando la máquina está en ciertas condiciones de defecto (aunque a lo mejor la producción no será aprovechable).

La GEMMA representa cada una de estas situaciones (sin alimentar, funcionamiento, parada y defecto) con sendos rectángulos y la producción mediante otro rectángulo central, tal como muestra la figura 2.30:

## 2. Fundamentos Teóricos

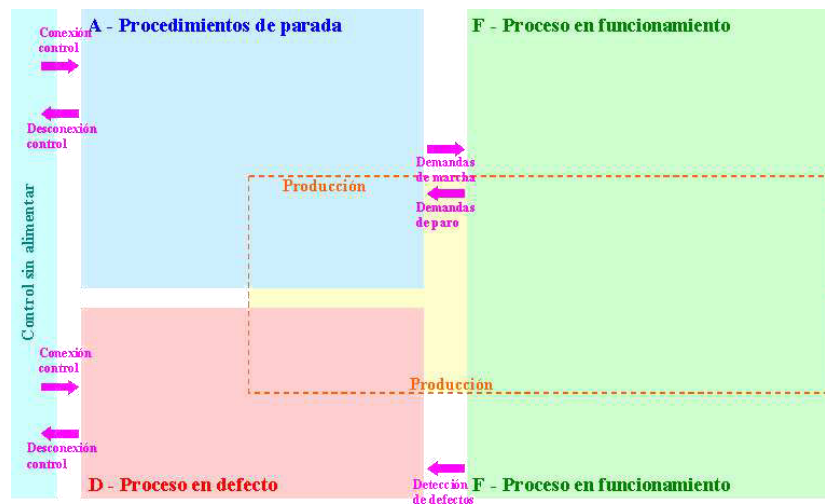


Figura 2.30. GEMMA

Como podemos apreciar en la Fig. 2.31, cada una de estas situaciones se puede subdividir en varias de tal manera que hay 17 estados de funcionamiento posibles, aunque no todos los procesos precisarán todos estos estados. La guía propone también los principales caminos para pasar de un estado a otro.

### - Grupo F: Procedimientos de funcionamiento

Este grupo contiene todos los modos de funcionamiento necesarios para la obtención de la producción; es decir los de funcionamiento normal (F1 a F3) y los de prueba y verificación (F4 a F6).

**F1 Producción normal.** Es el estado en el que la máquina produce normalmente, es decir hace la tarea para la que ha sido concebida. Al funcionamiento dentro de este estado se le puede asociar un GRAFCET que llamaremos GRAFCET de base. Este estado no tiene por qué corresponder a un funcionamiento automático.

**F2 Marcha de preparación.** Corresponde a la preparación de la máquina para el funcionamiento (precalentamiento, preparación de componentes, etc.).

**F3 Marcha de cierre.** Corresponde a la fase de vaciado y/o limpieza que muchas máquinas han de realizar antes de parar o de cambiar algunas características del producto.

**F4 Marchas de verificación sin orden.** En este caso la máquina, normalmente por orden del operador, puede realizar cualquier movimiento (o unos determinados movimientos preestablecidos). Se usa para tareas de mantenimiento y verificación.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

**F5** Marchas de verificación en orden. En este caso la máquina realiza el ciclo completo de funcionamiento en orden pero al ritmo fijado por el operador. Se usa para tareas de mantenimiento y verificación. En este estado existe la posibilidad de que la máquina produzca.

**F6** Marchas de prueba. Permiten realizar las operaciones de ajuste y de mantenimiento preventivo.

### - Grupo A: Procedimientos de parada

Este grupo contiene todos los modos en los que el sistema está parado (A1 y A4), los que llevan a la parada del sistema (A2 y A3) y los que permiten pasar el sistema de un estado de defecto a un estado de parada (A5 a A7). Corresponden a todas las paradas por causas externas al proceso.

**A1** Parada en el estado inicial. Es el estado normal de reposo de la máquina. Se representa con un rectángulo doble. La máquina normalmente se representa en este estado (planos, esquema eléctrico, esquema neumático, etc.) que se corresponde, habitualmente, con la etapa inicial de un GRAFCET.

**A2** Parada pedida a final de ciclo. Es un estado transitorio en el que la máquina, que hasta aquel momento estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta acabar el ciclo actual y pasar a estar parada en el estado inicial.

**A3** Parada pedida en un estado determinado. Es un estado transitorio en el que la máquina, que hasta aquel momento estaba produciendo normalmente, debe producir sólo hasta llegar a un punto del ciclo diferente del estado inicial.

**A4** Parada obtenida. Es un estado de reposo diferente del estado inicial.

**A5** Preparación para la puesta en marcha después del defecto. Corresponde a la fase de vaciado, limpieza o puesta en orden que en muchos casos se ha de hacer después de un defecto.

**A6** Puesta del sistema en el estado inicial. El sistema es llevado hasta la situación inicial (normalmente situación de reposo); una vez realizado, la máquina pasa a estar parada en el estado inicial.

**A7** Puesta del sistema en un estado determinado. El sistema es llevado hasta una situación concreta diferente de la inicial; una vez realizado, la máquina pasa a estar parada.



## 2. Fundamentos Teóricos

### - Grupo D: Procedimientos de defecto

Este grupo contiene todos los modos en los que el sistema está en defecto tanto si está produciendo (D3), está parado (D1) o está en fase de diagnóstico o tratamiento del defecto (D2). Corresponden a todas las paradas por causas internas al proceso.

**D1** Parada de emergencia. No tan solo contiene la simple parada de emergencia sino también todas aquellas acciones necesarias para llevar el sistema a una situación de parada segura.

**D2** Diagnóstico y/o tratamiento de los defectos. Permite, con o sin ayuda del operador, determinar las causas del defecto y eliminarlas.

**D3** Producción a pesar de los defectos. Corresponde a aquellos casos en los que se debe continuar produciendo a pesar de que el sistema no trabaja correctamente. Incluye los casos en los que, por ejemplo, se produce para agotar un reactivo no almacenable o aquellos otros en los que no se sigue el ciclo normal dado que el operador sustituye a la máquina en una determinada tarea a causa de una avería.

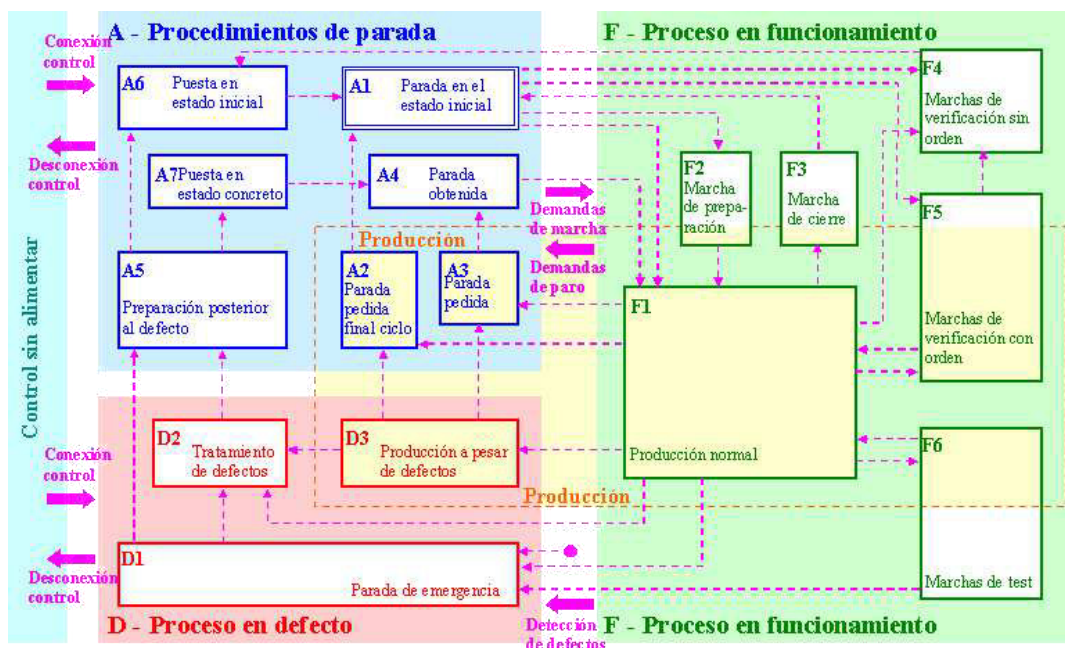


Figura 2.31. GEMMA en detalle.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

Fijémonos que el estado D1 (parada de emergencia) tiene un camino de entrada que parece no venir de ningún sitio. Este camino indica que en la mayoría de casos se puede pasar a este estado desde cualquier otro pero en todos los caminos de este tipo suele haber las mismas condiciones; para no complicar el diagrama se deja de esta forma y el diseñador añadirá las especificaciones necesarias.

- **Metodología**

Para implementar un automatismo se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinar los aspectos generales del proceso y generar el GRAFCET de producción de primer nivel.
- Definir los elementos del proceso y seleccionar los detectores, captadores y accionadores necesarios.
- Representar el GRAFCET de producción de segundo nivel.
- Estudiar los diferentes estados de la GEMMA para determinar cuales son los estados necesarios en el automatismo y hacer su descripción.
- Definir sobre la GEMMA los caminos posibles de evolución entre los diferentes estados.
- Diseñar los elementos que componen el pupitre de operador y su ubicación.
- Definir sobre la GEMMA las condiciones de evolución entre los diferentes estados.
- Preparar el GRAFCET completo de segundo nivel a partir del de producción representado antes y de la GEMMA.
- Escoger las diferentes tecnologías de mando.
- Representar el GRAFCET de tercer nivel completo.
- Instalación, implementación, puesta a punto y prueba.

### c) FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA

En los últimos años se ha introducido en la industria el concepto “ROBÓTICA”, el cual ha venido a revolucionar la automatización denominada “FIJA”; que consistía en la producción automática de piezas, elementos y productos en grandes cantidades o de manera repetitiva.

Ahora bien, la denominación actual es automatización “*flexible*” que estriba en adaptar la producción a la demanda de un mercado en constante cambio, por medio de un sistema de producción programable y adaptable, como es un robot.

#### 1. DEFINICION Y CLASIFICACION DEL ROBOT

Se pueden clasificar en:

- Robot industrial.
- Robots de servicio.

Por **Robot Industrial** de manipulación se entiende a una máquina de manipulación automática reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento.

Los robots industriales están clasificados en los siguientes tipos [2]:

- Robot secuencial.
- Robot de trayectoria controlable.
- Robot adaptativo.
- Robot telemanipulado.

Comprendiendo por **Robot de Servicio** a los dispositivos electromecánicos móviles, dotados de uno o varios brazos independientes controlados por un programa de ordenador y que realizan tareas no industriales.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 2. MORFOLOGÍA DE UN ROBOT

Todos los robots son sistemas, es decir, constan de componentes que forman un todo. El sistema robótico se puede analizar de lo general a lo particular utilizando el análisis sistemático.

El primer paso es considerar al sistema como una "**caja negra**", no sabemos qué hay en su interior, pero podemos identificar la entrada y salida del sistema. La entrada genuina al robot está constituida por las órdenes humanas; la salida está formada por diversos tipos de trabajo realizado automáticamente.

La segunda etapa o paso de análisis es mirar dentro de la caja negra donde encontramos los subsistemas o unidades funcionales del robot. Cada unidad funcional realiza una función específica y tiene su propia entrada y salida. Los robots tienen las siguientes unidades funcionales principales [2]:

- Estructura mecánica
- Transmisiones
- Sistema de accionamiento
- Sistema sensorial
- Sistema de control
- Elementos terminales
- Alimentación

#### 2.1 ESTRUCTURA MECANICA

Mecánicamente, un robot está formado por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos.

Se denomina **Grado de Libertad (GDL)** a cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior. El número de **GDL** del robot viene dado por la suma de los **GDL** de cada articulación que lo componen. Las articulaciones utilizadas son únicamente la prismática y la de rotación, con un solo GDL cada una.

Para posicionar y orientar un cuerpo en el espacio son necesarios 6 parámetros [3 de posición + 3 de orientación], es decir 6 GDL.

Hay casos que requieren más de 6 GDL para tener acceso a todos los puntos. En nuestra aplicación para hielos el número de GDL de nuestro robot es de 6 al ser necesaria una gran flexibilidad de movimientos.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 2.2 TRANSMISIONES Y REDUCTORES

**Las transmisiones** son los elementos encargados de transmitir el movimiento desde los actuadores hasta las articulaciones.

Dado que el robot mueve su extremo con aceleraciones elevadas, ***es de gran importancia reducir al máximo su momento de inercia***, para ello, los actuadores están lo más cerca posible de la base del robot, lo que obliga a utilizar sistemas de transmisión que trasladen el movimiento hasta las articulaciones.

Características básicas de un buen sistema de transmisión:

- Tamaño y peso reducidos.
- Evitar holguras.
- Deben tener gran rendimiento.
- No afecta al movimiento que transmite.
- Ser capaz de soportar un funcionamiento continuo a un par elevado.

*Las transmisiones más habituales son las que cuentan con movimiento circular tanto a la entrada como a la salida. (Engranajes correas...).*

**Los reductores** son los encargados de adaptar el par y la velocidad de salida del actuador a los valores adecuados para el movimiento de los elementos del robot. A los reductores utilizados en robótica se les exigen unas condiciones de funcionamiento muy restrictivas por la alta precisión y velocidad de posicionamiento que se les exige.

Características:

- Bajo peso y tamaño.
- Bajo rozamiento.
- Capaces de realizar una reducción elevada de velocidad en un único paso.
- Deben minimizar su momento de inercia.
- Tienen una velocidad máxima de entrada admisible.
- Deben soportar elevados pares puntuales. (continuos arranques y paradas).
- El juego angular debe ser lo menor posible (giro del eje de salida sin que gire el de entrada).
- Alta rigidez torsional.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

En el accionamiento directo el eje del actuador se conecta directamente a la articulación, sin utilización de reductores intermedios, ya que éstos introducen defectos negativos como juego angular, rozamiento... que impiden alcanzar la precisión y velocidad requeridos.

### **Ventajas:**

- Posicionamiento rápido y preciso pues evitan los rozamientos de transmisiones y reductores.
- Mayor control del sistema a costa de una mayor complejidad.
- Simplifican el sistema mecánico al eliminarse el reductor

### **Inconvenientes:**

- Tipo de motor a emplear ya que necesitamos un par elevado a bajas revoluciones manteniendo la mayor rigidez posible, que encarecen el sistema.

## 2.3 ACTUADORES

Los actuadores son los encargados de generar el movimiento de los elementos del robot según las órdenes dadas por la unidad de control. Hay varios tipos de actuadores como son los neumáticos, hidráulicos y eléctricos.

Los actuadores **Neumáticos** son los que utilizan como fuente de energía el aire a presión. Hay varios tipos:

- *De cilindros neumáticos*, que pueden ser de simple efecto (desplazamiento en un solo sentido la vuelta se consigue por muelle), o de doble efecto (el aire empuja el émbolo en las dos direcciones).
- *De motores neumáticos*, estos consiguen el movimiento de rotación de un eje mediante aire a presión. Hay varios tipos, de aletas rotativas o de pistones axiales.

Los actuadores **Hidráulicos** utilizan aceites minerales a presión. Son muy similares a los neumáticos. Se pueden nombrar varios tipos, como por ejemplo *de cilindro*, *de aletas* y *de pistones*.

Los hidráulicos tienen mayor precisión que los neumáticos y es más fácil realizar un control continuo. Además, permiten desarrollar elevadas fuerzas y presentan mejor estabilidad frente a cargas estáticas. Como propiedad intrínseca de su fuente de energía, son auto lubricantes.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

Cuando se trabaja con el aceite las elevadas presiones pueden propiciar fugas y las instalaciones son más complicadas y costosas que las neumáticas.

Los actuadores **Eléctricos** presentan varios tipos:

- **Motores de corriente continua:** son los más utilizados por su facilidad de control. Se componen de 2 devanados, el inductor y el inducido.

El primero está situado en el estator y crea un campo magnético de excitación, que sumado a la corriente que circula por él (a través del colector de delgas), hace girar al inducido situado en el rotor.

Tipos: Controlado por inducido o por excitación.

Para mejorar el comportamiento de este tipo de motores, el campo de excitación se genera mediante imanes permanentes que evitan fluctuaciones del mismo, aumentando los problemas de calentamiento por sobrecarga.

Los motores DC son controlados mediante referencias de velocidad generadas por una unidad de control y electrónica específica.

- **Motores paso a paso:** existen tres tipos:
  1. *De imanes permanentes.*- poseen una polarización magnética constante. El rotor gira para orientar sus polos respecto al estator.
  2. *De reluctancia variable.*- el rotor está formado por un material ferromagnético que tiende a orientarse con el campo generado por el estator.
  3. *Híbridos.*- combinan los dos anteriores.

La señal de control son los trenes de pulsos que van actuando rotativamente sobre una serie de electroimanes dispuestos en el estator, por cada pulso recibido el rotor del motor gira un número determinado de grados.

*Ventajas:*

1. Funcionamiento simple y exacto
2. Pueden girar de forma continua y velocidad variable
3. Ligeros fiables y fáciles de controlar

*Inconvenientes:*

1. El funcionamiento a bajas revoluciones no es suave
2. Sobrecalentamiento a velocidades elevadas.
3. Potencia nominal baja

- **Motores de corriente alterna:** Presentan una mayor dificultad de control que los motores DC. Sin embargo las mejoras introducidas en las máquinas síncronas hacen que se presenten como un claro competidor debido a:

1. No tienen escobillas
2. Usan convertidores estáticos que permiten variar la frecuencia y precisión.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

3. Emplean microelectrónica que permite una gran capacidad de control
4. Tienen una gran evacuación del calor por estar el bobinado pegado a la carcasa desarrollan potencias mayores

El inductor se sitúa en el rotor y está constituido por imanes permanentes, mientras que el inducido, situado en el estator, está formado por tres devanados iguales desfasados 120° eléctricos, y se alimenta de tensión trifásica.

La velocidad de giro depende de la frecuencia de la tensión que alimenta el inducido, ésta frecuencia se controla a través de un convertidor de frecuencia. Dispone de unos sensores de posición para evitar la pérdida de sincronismo, manteniendo en todo momento el ángulo entre rotor y estator (autopilotados).

Inconveniente:

1. Presentan una mayor dificultad de control que los motores DC.

### 2.4 SENSORES INTERNOS

Para conseguir que un robot realice su tarea con precisión, velocidad e inteligencia, es necesario que disponga de información de su estado (sensores internos) y del estado de su entorno (sensores externos).

#### Sensores de posición:

- **Codificadores angulares de posición (encoders)**
  - a) Los codificadores ópticos o encoders **incrementales** constan de un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí. Un sistema de iluminación en el que la luz es colimada (proceso de hacer paralelos dos rayos de luz entre sí) de forma correcta y un elemento fotoreceptor.

El eje cuya posición se quiere medir va acoplado al disco transparente, de tal forma, que a medida que gira se generan pulsos en el receptor a medida que la luz atraviese cada marca, y llevando una cuenta de éstos pulsos, se puede conocer la posición exacta del eje.

Para saber si el giro se realiza en un sentido o en otro, se dispone de otra serie de marcas desplazada de la anterior de manera que el tren de pulsos que se genere estará desplazado 90 ° respecto al generado por la primera marca.

Es necesario disponer de una marca de referencia para el conteo de vueltas o el inicio. La resolución de éste tipo de sensores depende del número de marcas.



## 2. Fundamentos Teóricos

---

b) Los codificadores o encoders **absolutos** se componen de las mismas partes que los anteriores, solo que en éste caso, el disco transparente se divide en un número determinado de sectores, codificándose cada uno de ellos según un código binario cíclico, de ésta forma cada posición se codifica de forma absoluta, y no es necesario el conteo. Su resolución es fija y viene determinada por el número de anillos del disco graduado.

Tienen como INCONVENIENTES:

- 1- Normalmente los sensores de posición se acoplan al eje del motor viéndose así afectado por el reductor, esto se soluciona:
  - En los encoders absolutos: mediante encoders absolutos multivuelta auxiliares conectados mediante engranajes al principal.
  - En el caso de los incrementales, se soluciona mediante un detector de presencia, denominado de sincronismo.
- 2- Pueden presentar problemas mecánicos debido a la gran precisión que se debe tener en su fabricación

- **Captadores angulares de posición (sincro-resolvers)**

Se trata de captadores analógicos con resolución teóricamente infinita.

El funcionamiento de los **resolvers** se basa en la utilización de una bobina solidaria al eje y dos bobinas fijas situadas a su alrededor. El giro de la bobina fija hace que el acoplamiento con las bobinas fijas varíe, consiguiendo que la señal resultante en éstas dependa del seno del ángulo de giro.

El funcionamiento de los **sincros** es análogo al de los resolvers, excepto que las bobinas fijas forman un sistema trifásico en estrella.

Para poder tratar el sistema de control la información de sincros y resolvers, es necesario convertir las señales analógicas en digitales.

Ambos captadores son de tipo absoluto, destacando como **ventajas**:

- Robustez mecánica
- inmunidad a la contaminación, humedad, ruido, altas temperaturas
- reducido momento de inercia

El inconveniente es que este tipo de captadores dependen de una electrónica asociada que limita la precisión.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

- **Sensores lineales de posición (LVDT e Inductosyn)**

**LVDT:** su funcionamiento se basa en la utilización de un núcleo de material ferromagnético unido al eje cuyo movimiento se quiere medir, éste núcleo se mueve linealmente entre un devanado primario y dos secundarios, haciendo con su movimiento que varíe la inductancia entre ellos (aumenta en uno mientras disminuye en el otro).

Los sensores lineales de posición tienen las siguientes ventajas:

- poco rozamiento
- elevada resolución
- alta linealidad
- gran sensibilidad
- respuesta dinámica elevada

**Inductosyn :** su funcionamiento es similar al resolver con la diferencia de que el rotor se desplaza linealmente sobre el estator.

### **Sensores de velocidad:**

La información de la velocidad de movimiento de cada actuador se realimenta a un bucle de control analógico implementado en el propio accionador del elemento motor. El captador utilizado es una tacogeneratriz que proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro.

### **Sensores de presencia:**

Es capaz de detectar la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado. La detección puede hacerse con contacto (interruptores) o sin contacto.

Presentamos varias posibilidades:

- inductivos, detectan presencia o cuentan objetos metálicos
- capacitivos, detectan presencia o cuentan objetos no metálicos presentan inconvenientes en ambientes húmedos
- efecto hall, detectan presencia de objetos ferromagnéticos
- célula reed,
- óptico, pueden detectar la reflexión del rayo proveniente del objeto
- ultrasonidos.

*Los sensores de presencia son los utilizados en nuestra célula de paletizado.*

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 2.5 ELEMENTOS TERMINALES

Son los encargados de interaccionar directamente con el entorno del robot. Generalmente diseñados para cada tipo de trabajo.

Se pueden utilizar varios tipos de accionamiento como el mecánico, eléctrico... siendo el neumático es el más utilizado por ofrecer ventajas en simplicidad, limpieza y fácil mantenimiento. Su mayor inconveniente es en el posicionamiento intermedio.

## 3. CONTROL CINEMÁTICO

El control cinemático establece cuales son las trayectorias que debe seguir cada articulación del robot a lo largo del tiempo para lograr los objetivos fijados. Estas trayectorias estarán restringidas por barreras físicas propias de los accionamientos y por criterios de calidad en su trayectoria, como precisión, suavidad...

### 3.1 FUNCIONES DEL CONTROL CINEMÁTICO

El control cinemático recibe como **entradas** los datos procedentes del programa del robot y establece las trayectorias para cada articulación como funciones de tiempo.

**Funciones [2]:**

1. Convertir la especificación del movimiento dada en el programa en una trayectoria analítica en espacio cartesiano.
2. Muestrear la trayectoria cartesiana obteniendo un numero finito de puntos
3. Utilizando la transformación homogénea inversa convertir cada uno de estos puntos en sus correspondientes coordenadas articulares
4. Interpolación de los puntos articulares obtenidos generando una expresión que se aproxime a ellos
5. Muestreo de la trayectoria para generar referencias.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 3.2 TIPOS DE TRAYECTORIAS

#### **Trayectorias punto a punto:**

Cada articulación evoluciona desde su posición inicial hasta su posición final sin hacer ningún tipo de consideración sobre el estado o evolución del resto de las articulaciones. Se pueden distinguir:

- I. **Movimiento eje a eje** sólo se mueve un eje cada vez, una vez que halla alcanzado su posición lo hará el siguiente. El tiempo que tarda en efectuar la trayectoria es mayor siendo menor el consumo de potencia.
- II. **Movimiento simultáneo de ejes** todas las articulaciones comienzan a moverse simultáneamente, acabando su movimiento cada una en un instante diferente. El tiempo total necesario coincide con el del eje más lento, el consumo de potencia es mayor.

#### **Trayectorias coordinadas o isócronas:**

Para evitar que algunos actuadores trabajen forzando sus velocidades y aceleraciones para finalmente tener que esperar a la más lenta, puede hacerse un cálculo previo para averiguar cuál es la articulación que más tiempo invertirá.

Se ralentiza entonces el movimiento al resto de los ejes para que todos inviertan el mismo tiempo en su posicionamiento, de esta forma no existirán aceleraciones y velocidades elevadas de manera inútil.

#### **Trayectorias continuas:**

Cuando se pretende que la trayectoria que sigue el extremo del robot sea conocida por el usuario, es preciso calcular de manera continua las trayectorias articulares.

El resultado será que cada articulación sigue un movimiento aparentemente caótico.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 4. DISEÑO Y CONTROL DE UNA CELULA ROBOTIZADA

Para el diseño de una célula robotizada hay que decidir el robot más adecuado y definir los elementos periféricos que intervienen en la célula, y su disposición. Asimismo será preciso definir la arquitectura de control hardware y software.

La disposición del robot en la célula de trabajo estará acorde con las características del lugar de montaje, es decir, de la disposición última de los elementos periféricos; teniendo varios casos:

- **Robot en el centro de la célula**, el robot queda rodeado por el resto de elementos presentando una forma básica de esfera.
- **Robot en línea**, se utiliza cuando uno o varios robots deben trabajar sobre elementos que llegan en un sistema de transporte, diferenciando transporte intermitente en el que el avance de elementos está en función del robot más lento, o transporte continuo, en el que el robot debe trabajar sobre la pieza en movimiento.
- **Robot móvil**, en este caso el robot puede desplazarse linealmente. Una vez finalizada la operación con la pieza el robot regresa a su posición inicial.
- **Robot suspendido** Esta posición hace que el robot quede situado invertido sobre el área de trabajo, de éste modo puede acceder a puntos situados sobre su propio eje vertical, obteniendo un mayor aprovechamiento del área de trabajo.

Un sistema de control debe poseer una célula robotizada flexible en su utilización, para ello un buen sistema de control tiene que realizar las siguientes funciones:

- a) **Control individual** de cada dispositivo.
- b) **Sincronización**
- c) **Detección tratamiento y recuperación** de situaciones anómalas
- d) **Optimización del funcionamiento**
- e) **Interfaz con el usuario**
- f) **Interfaz con otras células** para permitir sincronización
- g) **Interfaz con un sistema de control superior** para supervisión y actualización de programas.

*Si la célula está compuesta de varios dispositivos, será necesario crear una estructura jerarquizada en el que un elemento central se encargue de la comunicación con el resto de los controladores.*

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 4.1 CARACTERÍSTICAS EN LA SELECCIÓN DE UN ROBOT

Para conseguir una mejor descripción de sus características las dividiremos en grupos [2]:

#### **Características geométricas:**

- Área de trabajo (Volumen espacial al que puede llegar el extremo del robot)
- Grados de libertad (la elección del número de GDL viene determinada por la aplicación)
- Errores de posicionamiento: distancia tras emergencia, repetitividad, resolución (mínimo incremento que puede aceptar la unidad de control del robot)
- Errores en el seguimiento de trayectorias (Calidad de una línea recta, arco...)
- Precisión cuando se mueve el mínimo incremento posible (distancia entre el punto programado y el valor medio de los puntos realmente alcanzados al repetir el movimiento varias veces)

#### **Características cinemáticas:**

- Velocidad nominal máxima (considerando la situación más desfavorable)
- Aceleración y deceleración

#### **Características dinámicas:**

- Fuerza: de agarre, carga máxima que soporta el robot, control de fuerza-par
- Frecuencia de resonancia

#### **Tipo movimientos:**

- Movimientos punto a punto (solo es relevante el destino final)
- Trayectorias continuas (importa el trazado)
- Movimientos coordinados

#### **Modo programación**

- Guiado
- Textual

#### **Tipo de accionamiento:**

- eléctrico
- neumático
- hidráulico

#### **Comunicaciones:**

- E/S digitales / analógicas
- Comunicaciones línea serie

#### **Servicio proveedor:**

- Mantenimiento

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 4.2 SEGURIDAD EN INSTALACIONES ROBOTIZADAS

Las consideraciones sobre la seguridad del sistema cobran especial importancia por la naturaleza del robot que posee mayor índice de riesgo a accidente que otras máquinas, y por la aceptación social del robot en la fábrica.

Los **accidentes** causados por los robot industriales son debidos a *la colisión entre dichos robos y el hombre*, ya sea por aplastamiento o por atrapamiento; o en muchos casos por la proyección de un objeto desde la mordaza del robot.

Las causas que originan los accidentes son, en la mayoría de los casos, el mal funcionamiento del sistema, un acceso indebido de personas en la zona de trabajo del robot o un error humano en el mantenimiento o programación de este.

En menor medida se producen accidentes por:

- Rotura de partes mecánicas
- Liberación de energía almacenada
- Medio ambiente o herramienta peligrosa

Las medidas de seguridad que se deben tomar estarán definidas por la fase en la que nos encontremos en la instalación, como puede ser el diseño, instalación, programación,...

- Medidas de seguridad a tomar en la **fase de diseño del robot**
  1. Supervisión del sistema de control.- continúa supervisión de todos los sistemas.
  2. Paradas de emergencia
  3. Velocidad máxima limitada
  4. Detectores de sobreesfuerzo
  5. Pulsador de seguridad que impidan el movimiento accidental del robot
  6. Códigos de acceso de la unidad de control.
  7. Frenos mecánicos adicionales que entren en funcionamiento cuando se corte la alimentación de los accionadores
  8. Comprobación de señales de autodiagnóstico
- Medidas de seguridad a tomar en la **fase de diseño de la célula robotizada**
  1. Barreras de acceso a la célula que impidan el acceso a personas
  2. Dispositivos de intercambio de piezas, que permitan realizar éstas acciones a distancia
  3. Movimientos condicionados a la presencia de operarios
  4. Zonas de reparación que estarán fuera de la zona de trabajo

## 2. Fundamentos Teóricos

---

- Medidas de seguridad a tomar en la **fase de instalación y explotación del sistema**
  1. Abstenerse de entrar en la zona de trabajo, durante la programación e implantación de la aplicación
  2. Señalización adecuada, luminosa y acústica
  3. Prueba progresiva del programa del robot adaptando progresivamente la velocidad de trabajo
  4. Formación adecuada al personal que manejará la planta



## 2. Fundamentos Teóricos

---

### 5. APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS ROBOTS

*Para el diseño de una célula robotizada hay varios elementos que hay que decidir lo antes posible, como **el robot** más adecuado y **los elementos periféricos** que intervienen en la célula, teniendo en cuenta su disposición. También será preciso definir la arquitectura de control hardware y software.*

Para poder definir el tipo de robot más conveniente para nuestra aplicación, describiremos los diferentes procesos en los cuales se utilizan ROBOTS y sus características [2]:

#### Trabajos en fundición

- A. **Con molde:** En este proceso el material usado está en estado líquido, y es inyectado a presión en el molde, que está formado por dos mitades que se mantienen unidas durante la inyección del metal mediante la presión ejercida por dos cilindros; una vez que la pieza se ha solidificado se extrae del molde y se enfría para su posterior desbarbado.

Características de los robots:

- las cargas suelen ser medias o altas
- no se necesita gran precisión
- necesitan un campo de acción grande
- estructura polar y articular
- sistema de control sencillo

- B. **Con cera perdida:** En este proceso el robot puede realizar las tareas de formación del molde de material refractario, a partir del modelo de cera.

#### Soldadura

- A. **Soldadura por puntos:** En este proceso dos piezas metálicas se unen en un punto por la fusión conjunta de ambas partes, para conseguirlo se hace pasar una corriente eléctrica de elevada intensidad a través de dos electrodos que sujetan las piezas que se desean unir con una presión y durante un tiempo determinado.

Este proceso admite dos posibles soluciones en función del tamaño peso y manejabilidad de las piezas:

- transporte de la pieza a los electrodos fijos
- Transporte de la pinza de soldadura a la pieza

Características de los robots:

- capacidad de carga elevada
- 5 o 6 GDL

## 2. Fundamentos Teóricos

---

- B. **Soldadura por arco:** Se unen dos piezas mediante el aporte de un flujo de material fundido procedente de un electrodo. Un arco eléctrico entre la pieza a soldar y el electrodo, funden este último.

Características de los robots:

- no precisan gran capacidad de carga
- amplio radio de acción
- 5 o 6 GDL

### **Pintura**

Este proceso consiste en cubrir una superficie de forma homogénea mediante pintura proyectada con aire comprimido y pulverizada mediante una pistola.

Características de los robots:

- Ligeros
- 6 o más GDL
- requieren método de programación por guiado pasivo y trayectoria continua.

### **Aplicación de adhesivos**

Se impregna siguiendo la trayectoria estipulada la sustancia adhesiva que se solidifica al contacto con el aire. Se necesita una trayectoria precisa con una sincronización entre la velocidad y el caudal del material suministrado por la pistola.

Características de los robots:

- robot suspendido, habitualmente
- trayectoria continua
- capacidad de integrar la regulación del caudal acorde con la velocidad.

### **Alimentación de máquinas**

Se alimentan máquinas especializadas por su peligrosidad.

Características de los robots:

- baja complejidad, precisión media
- reducidos GDL
- control sencillo
- campo de acción grande

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### **Procesado**

Consta de las operaciones en las que el robot posiciona pieza y herramienta para conseguir una modificación en la forma de la pieza.

Como reseña principal nombramos el desbarbado de las piezas, que consiste en la eliminación de las rebabas.

Características de los robots:

- se precisan robots con capacidad de control y trayectoria continua
- buena precisión y control de velocidad
- sensores para adaptarse a la pieza

### **Corte**

Los sistemas más utilizados son oxicorte, plasma, láser y chorro de agua, dependiendo de la naturaleza del material a cortar. En todos ellos, el robot porta la boquilla por la que se emite el material de corte, proyectando este sobre la pieza al mismo tiempo que se sigue una trayectoria determinada.

El corte por chorro de agua puede aplicarse a alimentos, PVC, fibra de vidrio... obteniéndose las siguientes ventajas:

- no provoca aumento de temperatura en el material
- no contamina
- no provoca cambios de color
- no altera las propiedades de los materiales
- coste de mantenimiento bajo

Características de los robots:

- trayectoria continua
- elevada precisión
- envergadura media
- robot suspendido

### **Montaje**

El montaje exige una gran precisión y habilidad, mostrando muchas dificultades para su automatización. Para hacer este tipo de proceso el robot constará de una serie de elementos auxiliares cuyo coste es superior al propio robot.

Características de los robots:

- gran precisión y repetitividad
- no es preciso que manejen grandes cargas

## 2. Fundamentos Teóricos

---

### **Paletización**

Consiste en poner piezas sobre plataformas, pallets o bandejas.

Características de los robots:

- manejo de grandes cargas

### **Control de calidad**

El robot usa en su extremo un “palpador” para realizar el dimensionado de las piezas fabricadas. También puede transportar aparatos de medida para localizar defectos en las piezas.

### **Manipulación en salas blancas**

Se utilizan en procesos que deben ser realizados en procesos extremadamente limpios.

## 5.1 ROBOTS DE SERVICIOS

Es un dispositivo electromecánico móvil o estacionario, con uno o más brazos mecánicos, capaces de cursar acciones independientes.

Se encuentran en sectores como agricultura, medicina, industria nuclear, submarinos, ayuda a discapacitados, construcción, domésticos, entornos peligrosos, espacio, minería.

Estos robots cuentan con un mayor grado de inteligencia que se traduce en el empleo de sensores, y software específico para la toma de decisiones.

Lo lógico es que estos robots posean un mando remoto, es decir, estén teleoperados.

### **Industria nuclear**

Por causa del riesgo de exposición a la radiación, surge la necesidad de utilización de sistemas robotizados:

- **inspección de tubos del generador de vapor de un reactor nuclear:** para ello puede utilizarse un robot de desarrollo específico que introducido en la vasija posicione una sonda en la boca de cada tubo, proporcionando información sobre el mismo.

## 2. Fundamentos Teóricos

---

- **Manipulación de residuos radiactivos:** Debido a la cantidad de residuos que proporciona la industria nuclear, es necesario el uso de telemanipuladores o sistemas con mando remoto para posicionarlos o incluso fragmentarlos.

### Medicina

El robot lo lleva a cabo con la máxima precisión y en un tiempo inferior al que pueda lograr el hombre. En Medicina el proceso más habitual donde podemos localizar un robot es la microcirugía, teniendo otros campos como la telecirugía y el telediagnóstico en los que la automatización va teniendo su sitio.

- **microcirugía:** Con ayuda de un escáner, un ordenador registra la información suficiente sobre el cerebro para que el equipo médico decida donde realizar la incisión. El robot decide tanto la incisión como la toma de muestras.

### Construcción

Todas las propiedades de la construcción, hacen posible la implantación de robots, en muchos parcialmente teleoperados, siendo posible en los siguientes campos:

- operaciones de colocación de elementos
  - construcción de estructuras básicas
  - posicionamiento de piezas grandes y pesadas
  - soldaduras en la estructura
- operaciones de tratamiento de superficies
  - pulido
  - pintura
  - extensión de material sobre la superficie
- operaciones de rellenado
  - encofrados
  - excavación
  - rellenado
- otras
  - inspección y control

**Apartado 3:**

# **DESCRIPCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA**

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

#### a) AUTÓMATA PROGRAMABLE SIEMENS

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas. El ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización. Por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera, pulsadores,...) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, pequeños receptores,...) por otra.

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

- **Fuente de alimentación**
- **CPU**
- **Módulos de entrada**
- **Módulos de salida**
- **Terminal de programación**
- **Periféricos.**

Respecto a su disposición externa, los autómatas pueden contener varias de estas secciones en un mismo módulo o cada una de ellas separadas por diferentes módulos. Así se pueden distinguir autómatas Compactos y Modulares. En nuestro caso utilizaremos un autómata et 200s modular, al cual adaptaremos 2 módulos de entrada de seguridad, 1 de salida de seguridad, 1 de entradas digitales, 1 de salidas digitales y por último un módulo IO-LINK, al que conectaremos periféricos IO-LINK para reducir cableado en la instalación.

A continuación explicaremos más detalladamente su estructura.

**La Fuente de alimentación** es la encargada de convertir la tensión de la red, 220v c.a., a baja tensión de c.c, normalmente 24 v. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el Autómata.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

Como **CPU** se entiende a la Unidad Central de Procesos, es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las ordenes, del operario por medio de la consola de programación y el modulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

En una CPU se ejecutan principalmente dos programas diferentes: el sistema operativo y el programa de usuario.

El **sistema operativo**, que está integrado en las CPUs, organiza todas las funciones y procesos de la CPU que no están ligados a una tarea de control específica. Sus funciones son:

- Gestionar el re arranque completo (en caliente) y el re arranque normal
- Actualizar la imagen de proceso de las entradas y emitir la imagen de proceso de las salidas
- Llamar el programa de usuario
- Detectar las alarmas y llamar los OBs de tratamiento de alarmas
- Detectar y tratar los errores
- Administrar las áreas de memoria
- Comunicar con unidades de programación y otras estaciones de comunicación

El **programa de usuario** primero se ha de crear y luego se ha de cargar en la CPU. Contiene todas las funciones requeridas para procesar la tarea específica de automatización. Las tareas del programa de usuario son:

- Definir las condiciones del re arranque completo (en caliente) y del re arranque normal de la CPU (por ejemplo preestablecer un valor determinado para las señales)
- Tratar datos del proceso (por ejemplo efectuar combinaciones lógicas de señales binarias, leer y evaluar valores analógicos, definir señales binarias de salida, emitir valores analógicos)
- Reaccionar a alarmas
- Tratamiento de perturbaciones en el desarrollo normal del programa.
- Comunicar elementos de la instalación y señales propias con el robot.



### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

Al **módulo de entradas** se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores,...). La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente.

Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los Pasivos y los Activos.

Los **Captadores Pasivos** son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

Los **Captadores Activos** son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos). Muchos de estos aparatos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del autómat.

El **módulo de salidas** del autómat es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños, etc). La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados.

Según el tipo de proceso a controlar por el autómat, podemos utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

- A relés.
- A triac.
- A transistores.

El **terminal de programación** o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas.
- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos.

Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el autómat, tipo calculadora o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software especialmente diseñado para resolver los problemas de programación y control. En nuestro caso utilizaremos un PC con STEP7 5.5 para realizar la programación del autómat.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

## LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Cuando surgieron los autómatas programables, lo hicieron con la necesidad de sustituir a los enormes cuadros de maniobra contruidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento.

El lenguaje usado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación. Estos lenguajes han evolucionado en los últimos tiempos, de tal forma que algunos de ellos ya no tienen nada que ver con el típico plano eléctrico a relés.

Los lenguajes más significativos son:

#### ❖ Lenguaje por esquema de contactos. (KOP)

Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos. Muchos autómatas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

Este es uno de los lenguajes que hemos utilizado en nuestra instalación.

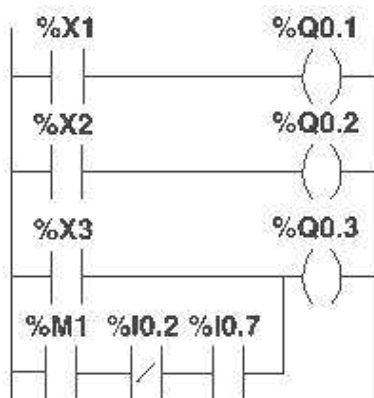


Figura 3.1. KOP.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

#### ❖ Lenguaje por Lista de Instrucciones. (AWL)

En los autómatas de gama baja, es el único modo de programación. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos. También decir, que este tipo de lenguaje es, en algunos los casos, la forma más rápida de programación e incluso la más potente.

000	LD	%I0.1	Bp. inicio ciclo
	AND	%I0.0	Dp. presencia vehículo
	AND	%M3	Bit autorización reloj calendario
	AND	%I0.5	Fc. alto rodillo
	AND	%I0.4	Fc. detrás pórtico
005	S	%M0	Memo inicio ciclo
	LD	%M2	
	AND	%I0.5	
	OR	%I0.2	Bp. parada ciclo
	R	%M0	
010	LD	%M0	
	ST	%Q0.0	Piloto ciclo

Figura 3.2. AWL.

#### ❖ GRAFCET. (SFC)

Es el llamado Gráfico de Orden Etapa Transición. Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en GRAFCET, tanto en modo gráfico o como por lista de instrucciones. También podemos utilizarlo para resolver problemas de automatización de forma teórica y posteriormente convertirlo a plano de contactos.

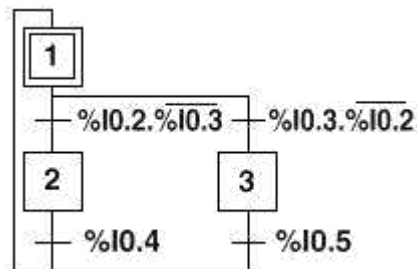


Figura 3. GRAFCET.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

#### ❖ PLANO DE FUNCIONES. (FBD)

El plano de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

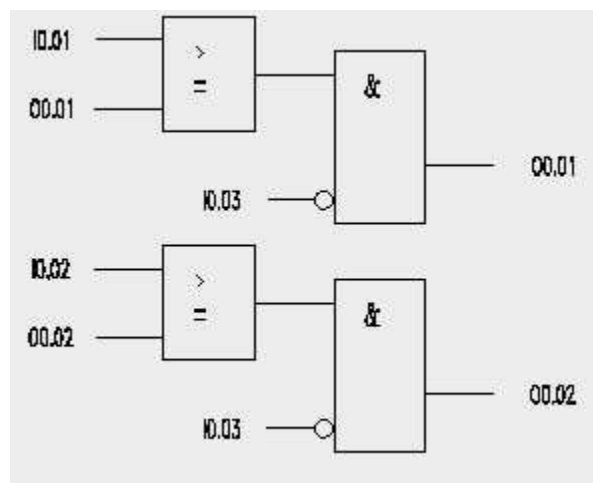


Figura 3.4. FBD.

### *3. Descripción de la instrumentación utilizada*

---

#### **b) ROBOT MANIPULADOR FANUC.**

La casa **FANUC** lleva en el mercado desde 1956, cuando empezó con la distribución de controles numéricos. Posteriormente, en 1959 comercializaban con motores, y en 1974 comenzaron a producir robots.

La multinacional FANUC está dividida en función del tipo de productos, de la siguiente manera; por un lado tenemos FANUC Robotics, encargada del suministro, programación, mantenimiento, reparación, asesoramiento, formación...y, en general, todo lo relacionado con los robots que ellos mismos fabrican. Por otro lado encontramos la división GEFANUC, encargada de autómatas programables y comandos numéricos.

También encontramos FANUC Ltd. la que se encarga de motores, herramientas utilizadas con robots y aplicaciones con láseres.

Dentro de FANUC Robotics encontraremos la delegación FANUC Robotics Ibérica, con oficina central en Castelfels, Barcelona, que dispone de más de treinta modelos de robots a ofrecer, cubriendo todos sectores tales como el alimenticio, farmacéutico, automóvil, químico, construcción, con todo tipo de aplicaciones como soldadura de cualquier tipo, pintura o paletizado, por ejemplo.

Nuestra elección para la instalación de paletizado de bolsas de hielo es el robot **Fanuc S-430iL, con armario de control R-j3 (Fig 3.5)**. Es un robot industrial de 6 ejes capaz de manejar asignaciones pesadas (125kg). Este robot es ideal para aplicaciones tales como la soldadura por puntos, transferencia de piezas, eliminación de material, distribución, y cargas en máquinas.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---



Figura 3.5. Fanuc S-430iW.

El diseño alargado le permite tener muy largo alcance a través del trabajo de área como apreciamos en la Fig. 3.6. Un brazo delgado y su muñeca hacen que consiga rápidas velocidades que reducen el tiempo de ciclo.

Para la elección de este robot hemos tenido en cuenta:

- Que este deberá conseguir una altura como mínimo de 2500 mm, para alcanzar satisfactoriamente las últimas bandejas del carro.
- Que su alcance no solo sea en altura sino también en extensión, longitud que nos da la morfología del robot.
- Requerimiento indispensable, es que sea de 6 ejes: al ser una fábrica de hielo, el suelo está inclinado para desalojar el agua, y un robot de 4 ejes nos daría muchos problemas a la hora de nivelar tanto la cogida como la dejada de bandejas en la prensa
- La carga útil que puede conseguir

Estas características las encontramos en nuestro robot como vemos en la Fig. 3.7.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

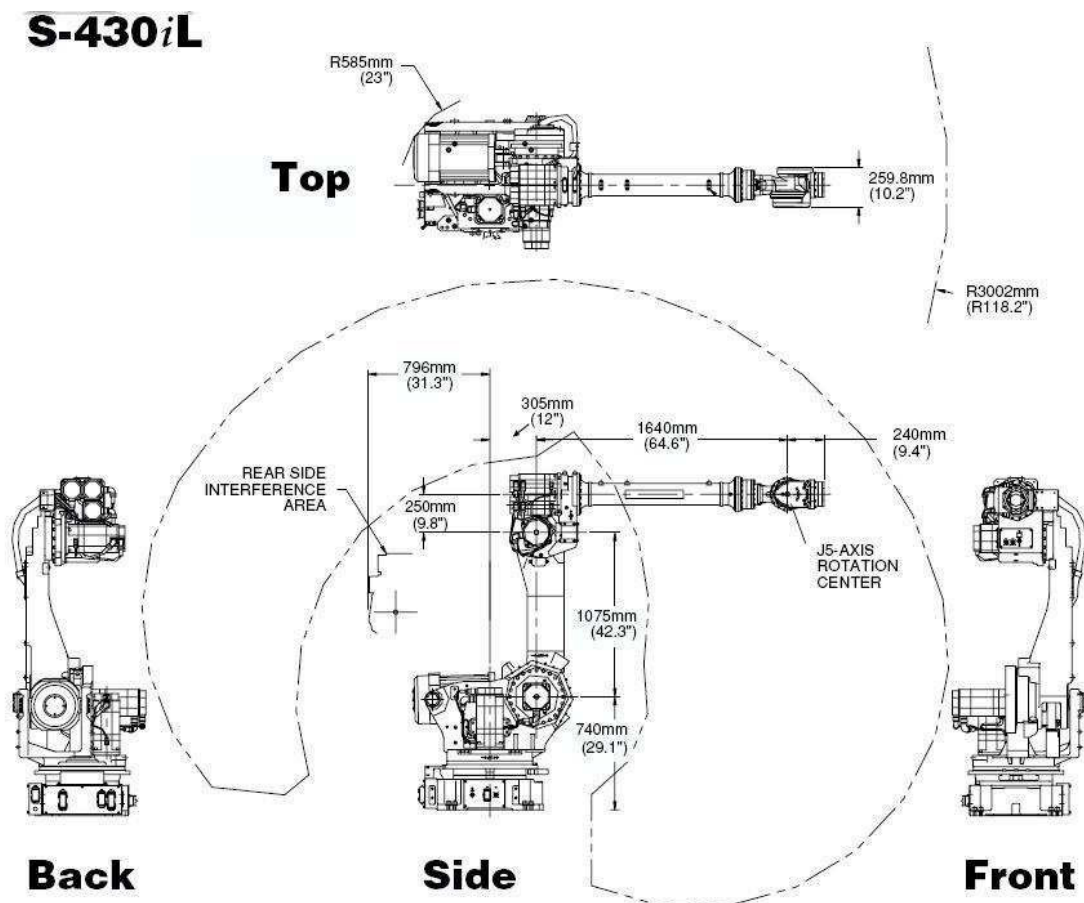


Figura 3.6. Rango y medidas..

FICHA TECNICA	S-430iL
EJES	6
CARGA UTIL	125 Kg
ALCANCE EN ALTURA	3002 mm
REPETIBILIDAD	0.3mm
MASA DEL ROBOT	1300 Kg
ESTRUCTURA	Articulado

Figura 3.7. Tabla de características.

### ***3. Descripción de la instrumentación utilizada***

---

#### **Controlador RJ3**

El armario de control es la parte del robot que interacciona con el operario (Fig. 3.8), el encargado de regular todas las acciones de un robot. Una de las funciones principales del armario de control, además de controlar de forma correcta un robot, es la de facilitar el manejo y control del robot por parte del operario.

Nuestro S-430iL está controlado por un controlador FANUC R-J3, que está formado principalmente por una CPU o tarjeta principal (que controla los servomecanismos de posición y las tensiones de los servo amplificadores), una tarjeta de circuito impreso de E/S (recibe las señales de entrada y genera las señales de salida), la unidad MCC (tarjeta de circuito impreso para el control del paro de emergencia, controla los dos sistemas de paro de emergencia, el de contactor magnético y la precarga del servo amplificador), la unidad de fuente de alimentación (transforma la alimentación AC en distintas tensiones de DC), la terminal de enseñanza o teach pendant (periférico por el que se realizan todas las operaciones incluyendo la programación, Fig. 3.9), el servo amplificador (controla el suministro de potencia del servo motor, el freno, circuito de colisión, etc.), también incluye transformador, disyuntor, sistemas de disipación de calor, etc.



### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

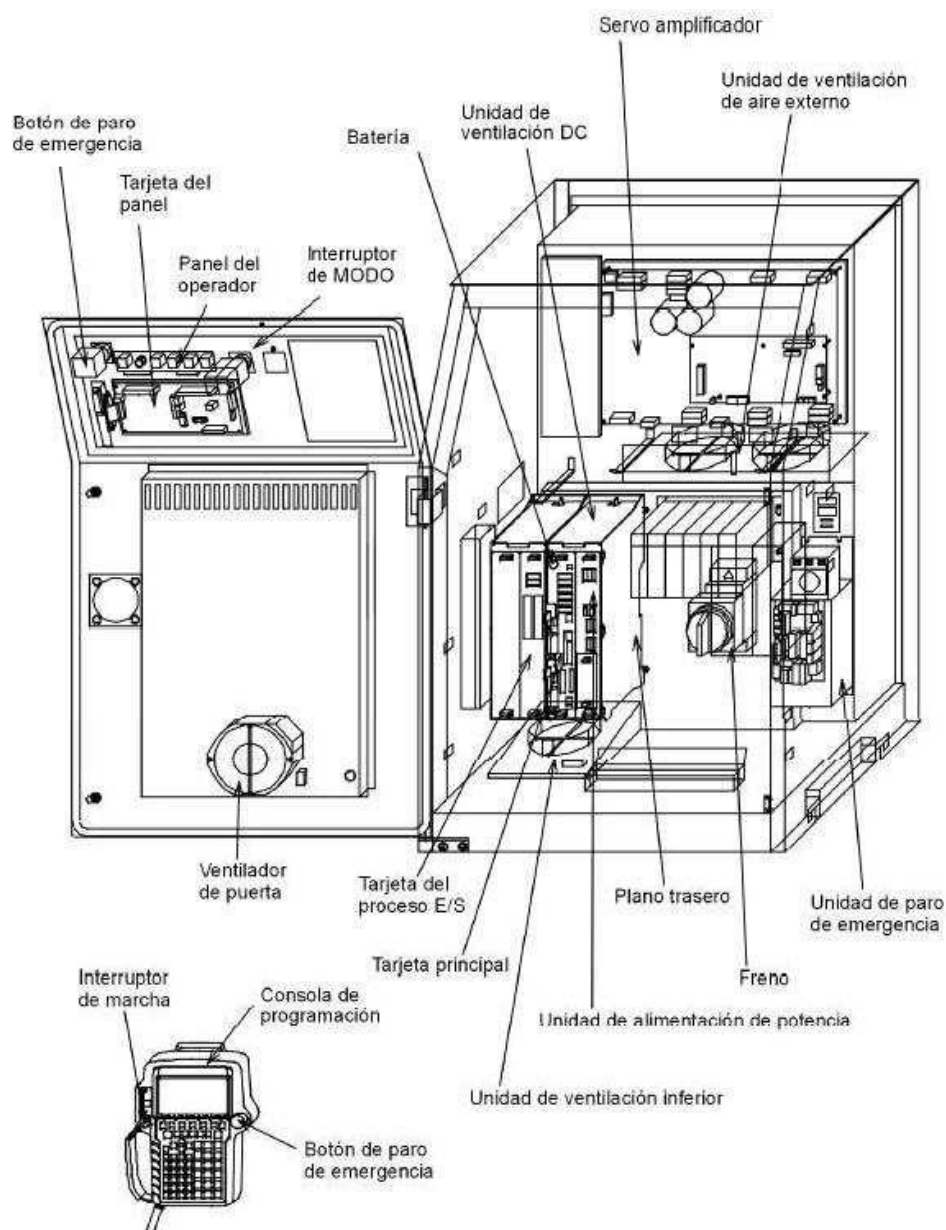


Figura 3.8. Componentes de RJ3, vista delantera.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada



Figura 3.9. Consola de programación o teach pendant

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

#### Mordaza



Figura 3.10. Mordaza.

Nuestro robot tiene únicamente una misión, efectuar la transición de bandejas del carro a la prensa y lo mismo de la prensa al carro. Por esto mismo, esta mordaza ha sido diseñada con precisión y robustez, no daña el producto y su funcionamiento cuenta con la sensórica apropiada que puede detectar cualquier problema y consigue que el ciclo sea continuo.

Cabe destacar la flexibilidad que ofrece todas sus uniones para posibles cambios en la morfología.

La mordaza está trazada a partir de una estructura de perfilería de aluminio para poder ajustarla a las exigencias del proceso. A partir de esta estructura principal se diferencian dos cilindros, con un conjunto de accesorios para poder extraer grupos de 3 bandejas de los carros. Esta estructura se basa en un perfil de aluminio unido con escuadras y otros sistemas de sujeción.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

Como parte más importante, la mordaza posee un cilindro sin vástago gobernado por una electroválvula de 5/2 vías.

Para reforzar el guiado de los cilindros y su perfecto funcionamiento, al cilindro se le han añadido a los lados dos rodamientos a bolas y su respectivo eje (diámetro 40mm).

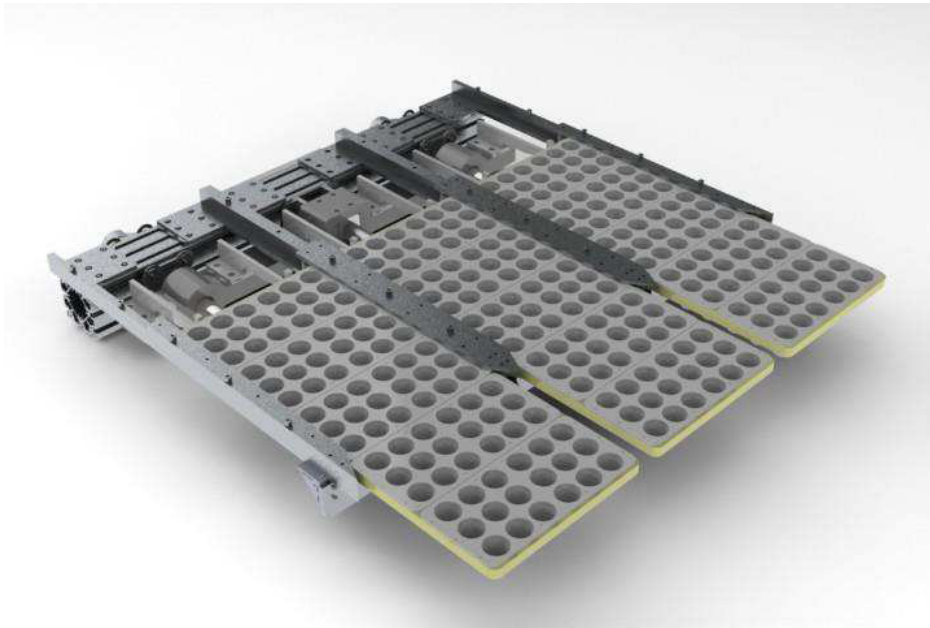


Figura 3.11. Mordaza con bandejas.

La mordaza posee unos perfiles de aluminio en forma de U que consiguen guiar las bandejas en la cogida y fijarlas lo máximo posible a la mordaza, para que no surjan problemas en el transporte.

Para poder vaciar el carro de bandejas y meterlas en la prensa, la mordaza posee una pieza metálica “**Garfio**” que consigue manipular las bandejas cómodamente. Al extraer las bandejas del carro, unas bandejas pueden sacar a otras por eso la mordaza posee unas piezas metálicas que impiden que esto ocurra.

El diseño de la mordaza logra dar muchísima flexibilidad tanto en su montaje, como en su posible modificación o cambio de alguna pieza que se deteriore.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

#### c) MESA ELEVADORA

La mesa elevadora (Fig. 3.12) se encarga de ubicar el carro lleno de bandejas en una posición fija e inamovible. Para ello está provista de un sistema hidráulico que eleva el carro enclavándolo mediante unas guías.

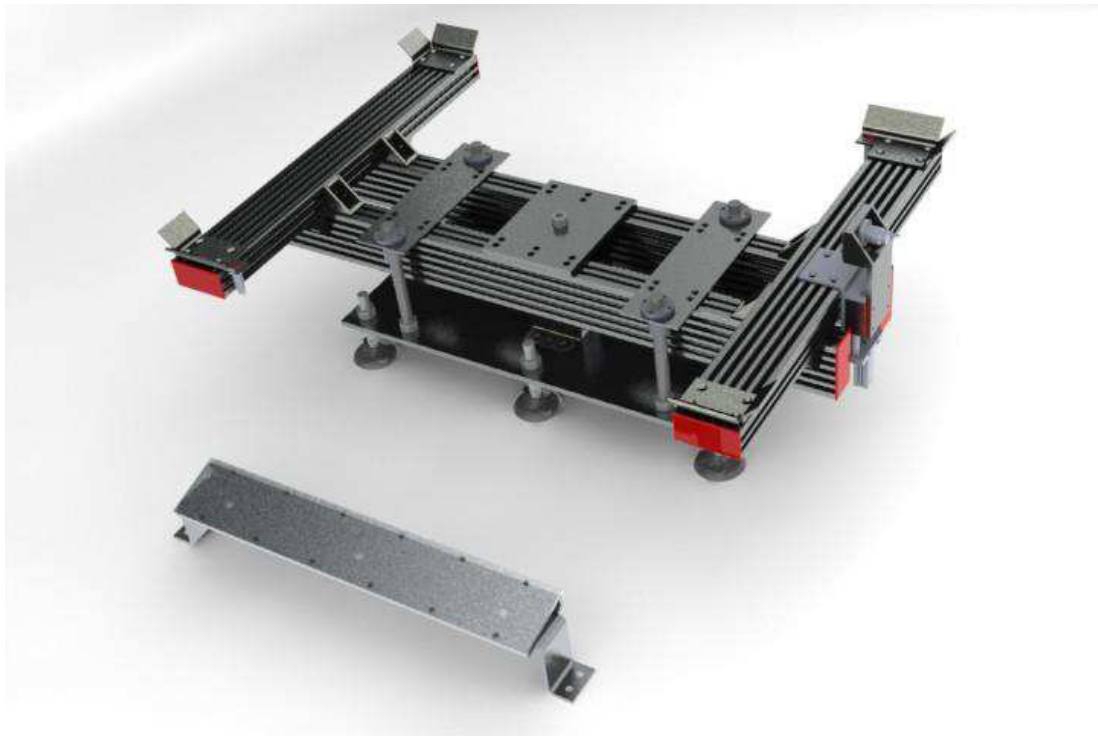


Figura 3.12. Mesa elevadora.

Consta de una estructura fabricada con perfil de aluminio. El conjunto se eleva 75mm gracias a un cilindro hidráulico y levanta el carro completo de bandejas 10mm.

Este dispositivo tiene varios sistemas de sensores para que en la elevación del carro y posicionamiento eviten posibles errores. El carro lo coloca un operario encima de la mesa elevadora. Al final de la mesa encontramos un tope mecánico que evita que el carro esté en un mal emplazamiento. El tope está anclado a un cilindro neumático; este solo está extendido mientras que el operario intenta situar el carro en una posición correcta.



### ***3. Descripción de la instrumentación utilizada***

---

Tanto el tope mecánico como dos de las 4 guías llevan sensores inductivos. El sensor equipado en el tope nos dice que el carro está en la posición adecuada para empezar la elevación de la mesa. Los otros dos sensores que poseen las guías certifican que el carro se ha colocado correctamente y puede empezar el ciclo de desmoldeo.

Una vez emplazado el carro, la mesa posee tres sensores ópticos, de alta precisión y largo alcance. La misión de los sensores es certificar en todo momento que las bandejas no sobresalgan del carro para que no colisionen con el robot.

Se ha planteado un sistema de guías con ejes y cojinetes de diámetro 25 mm, que evitan que la estructura pandee, así el cilindro hidráulico no sufre por fatiga.

El **cilindro hidráulico** utilizado trabaja hasta 160 bares, con un diámetro de embolo de 50 mm y 75 mm de carrera. Surtido con un sistema de válvulas anti-retorno para que el cilindro no pierda presión y se mantenga el tiempo que se desee totalmente extendido. Con estas válvulas conseguimos que el carro mantenga su posición en todo momento.

El **cilindro neumático** (tope mecánico) trabaja a 6 bares, con un diámetro de embolo de 16mm y 50 mm de carrera. Tanto los cilindros neumáticos como los cilindros hidráulicos llevarán detectores magnéticos, con esto se sabrá en todo momento si se encuentran en el final o el principio de sus carreras.

La mesa elevadora viene diseñada con 6 patas graduables de 120 mm de margen con el fin de nivelar la mesa y evitar imperfecciones en el suelo.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

#### d) PRENSA HIDRÁULICA

La prensa para poder trabajar posee un grupo hidráulico con 6 cilindros hidráulicos y una estructura de acero inoxidable (Fig. 3.13), su finalidad es extraer los cubitos de hielo de las bandejas.

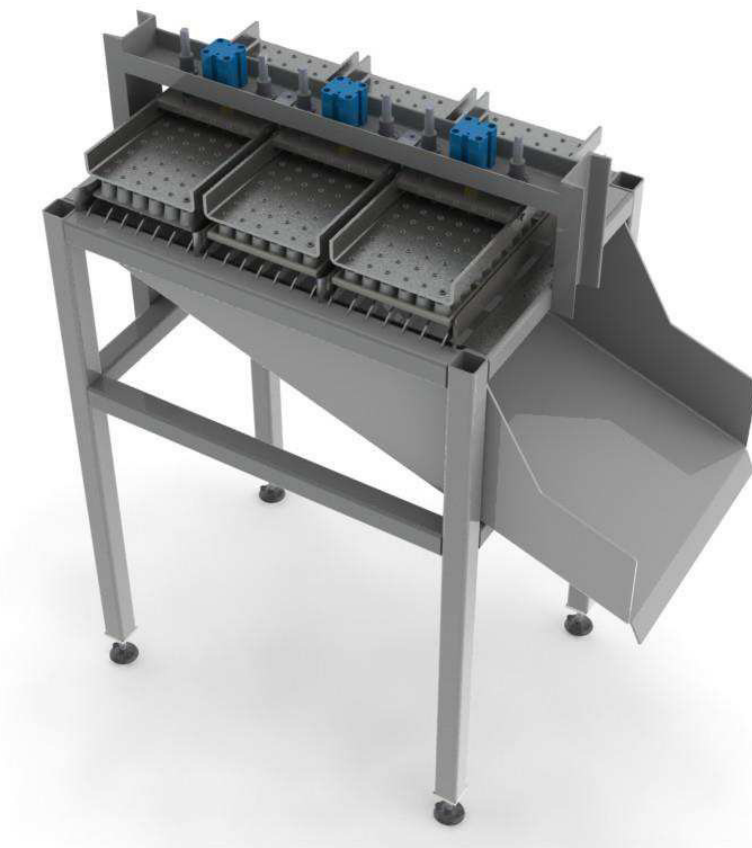


Figura 3.13. Prensa hidráulica.

El grupo hidráulico está diseñado para hacer 4000kf por cilindro. Los 3 cilindros de la prensa estarán actuando al mismo tiempo con un ciclo de trabajo de 2s (ida/vuelta), gobernados los 3 por la misma electroválvula, con un sistema de válvulas antirretorno para que los cilindros no tengan ninguna pérdida de presión.

El grupo alimenta, aunque nunca al mismo tiempo, el cilindro del elevador y los cilindros de la prensa.

### ***3. Descripción de la instrumentación utilizada***

---

Este sistema hidráulico está compuesto por un motor de 12,5 CV a 400V CA, con un depósito de 100l y una bomba de 30 l/min trabajando como máximo a 170 bares. La dimensión del grupo es de 675x520x920mm.

La estructura de la prensa estará compuesta en su totalidad por tubos de sección cuadrada 50x50x4 de acero inoxidable. Esta estructura dispondrá de una parrilla que actuará como guía y soporte para que los cilindros hidráulicos presen las bandejas. Dicha parrilla estará constituida por placas de 5mm de grosor, dispuestas del modo más eficiente para dar robustez a la estructura y sacar los hielos de los moldes sin dañarlos.

Los cilindros se atornillarán a una viga en forma de U por encima de cada parrilla. Unidos los vástagos a dos planchas de acero inoxidable, en las cuales, están roscadas todos los tetones con los que presionaremos los moldes para sacar los hielos.

Los hielos son transportados a la tolva mediante una lona, colocada con la inclinación precisa para que los hielos no avancen con mucha velocidad. Todo esto evita que puedan colisionar perdiendo sus propiedades estructurales.

Los cilindros hidráulicos utilizados trabajan como máximo a 160 bares, con un diámetro de embolo de 63 mm y 35 mm de carrera. Surtido con un sistema de válvulas antirretorno para que el cilindro no pierda presión y se mantenga el tiempo que se desee totalmente extendido.

Los cilindros hidráulicos llevan detectores magnéticos, con esto se sabrá en todo momento si al llegado al final o al principio de sus carreras.

La prensa viene diseñada con 4 patas graduables de 100 mm de ajuste.



### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

#### e) OTROS DISPOSITIVOS

En toda instalación robotizada toman mucha fuerza los elementos periféricos, como sensores, barreras,... que interactúan con el robot, dando una solución eficiente y segura al cliente.

Pasaremos a describir y enumerar los dispositivos más importantes utilizados en nuestra instalación de desmoldado.

Comenzamos con la entrada de producto de nuestra instalación, que será efectuada por unos carros guiados que serán los que transporten las bandejas de hielo (Fig. 3.14). Los carros salen de una cámara frigorífica donde las bandejas con agua son congeladas al cabo de 6 horas. Los carros cuentan con 26 niveles en los cuales se puede albergar 3 bandejas, en total 78 bandejas tendrá que extraer nuestro robot por carro.



Figura 3.14. Carro de bandejas.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

#### SEGURIDADES

En la actualidad, el tema de Seguridades en las máquinas es muy importante, tanto por legislación y como por prevención. Por tanto, antes de seguir adelante se deben tener claras las normas de Seguridad a mantener en la Instalación.

Como seguridades constan los siguientes elementos (Fig. 3.15):

- **Protecciones Físicas:** Vallas metálicas en los perímetros peligrosos de la Instalación, cubre cadenas en pistas, etc.
- **Fotocélulas de Seguridad:** Barreras inmateriales en salida y entrada de carros.
- **Relés de Seguridad** en control de Stop + **pulsadores de Stop** estratégicamente repartidos por zonas.
- Control eléctrico en prevención y eliminación de potencia en procesos de emergencia.
- Eliminación de presión neumática e hidráulica (salvo zonas necesarias) ante emergencia.
- Balizas de indicación de anomalías.

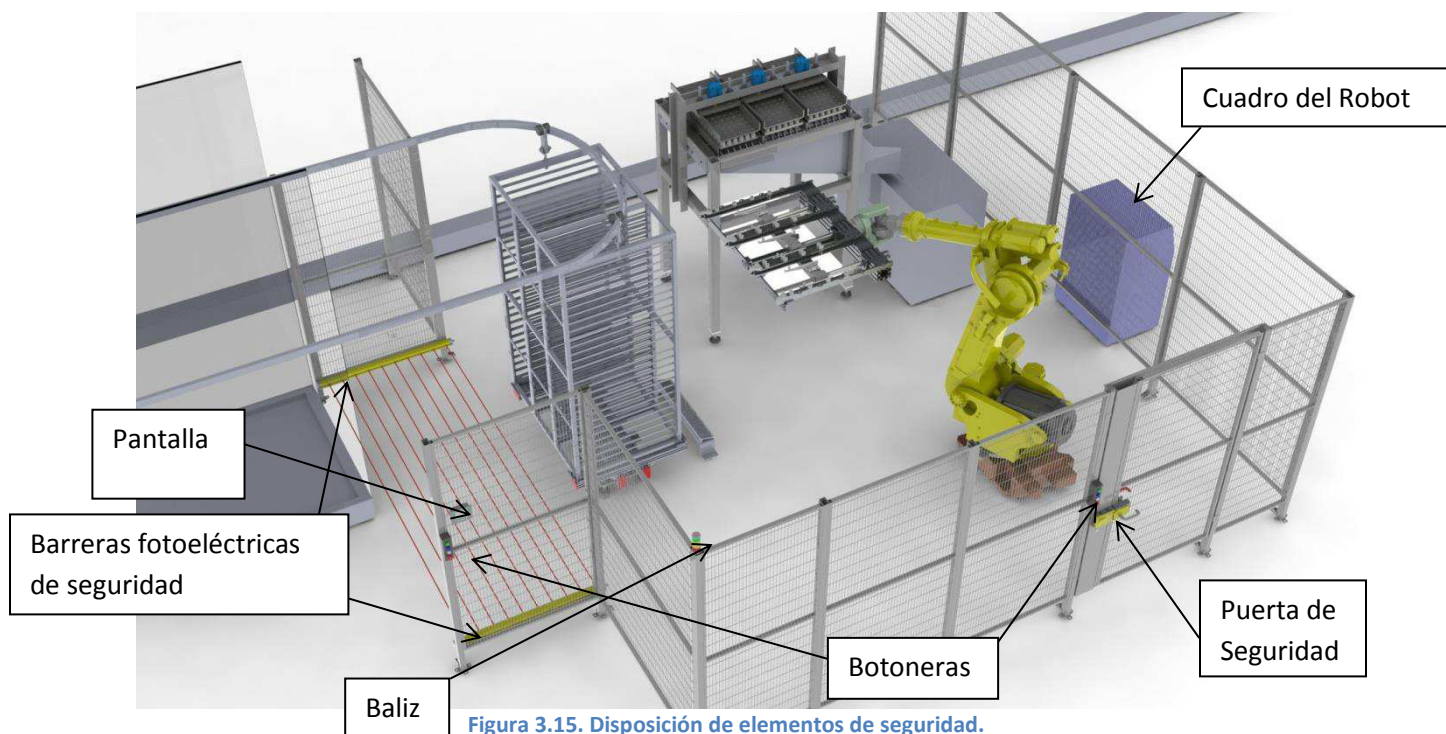


Figura 3.15. Disposición de elementos de seguridad.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

Resumiendo, toda zona peligrosa de la instalación tiene acceso totalmente restringido para prevenir accidentes. Cuando estas seguridades están activas, las maquinas trabajan normalmente.

Cuando se intenta acceder a una zona peligrosa de cualquier manera no permitida, el robot en cuestión se detiene rápidamente, quedando la instalación **TOTALMENTE INOPERATIVA** hasta que se restablezcan las seguridades.

Igualmente, según el nivel de seguridad violado se paran más o menos dispositivos, es decir, hay diferentes máquinas con sus seguridades encadenadas que dependen las unas de las otras. Esto implica que la parada de un dispositivo por una alarma genera parada y alarma en otros.

Todo el perímetro de la instalación tiene un acceso totalmente restringido para prevenir accidentes. Está diseñada con un **cerramiento** compuesto por barreras materiales, como pueden ser las vallas y la puerta con cierre de seguridad, y por barreras inmateriales, como las cortinas fotoeléctricas de seguridad. Cuando estas seguridades están activas, el sistema trabaja normalmente.

Como **barreras materiales** estaría dispuesto todo el sistema de cerramiento, compuesto por paneles personalizados de dos metros de altura anclados al suelo. La altura total del cerramiento es de 2200 mm.

Tanto los paneles de los cerramientos, como la puerta y su dispositivo de cerradura son de la marca **TROAX**. El dispositivo de seguridad de la puerta es de la serie SAFE LOCK 4X4 y lo podemos apreciar en la figura 3.16:



Figura 3.16. Cierre de seguridad para puertas.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

Las **barreras inmateriales** son haces luminosos (detectores de presencia) que marcan el límite de seguridad (Fig. 3.17). Son sistemas de protección que podemos englobar dentro de los dispositivos detectores de presencia y, como tales, deben reunir las características que para este tipo de dispositivos se exigen a la hora de utilizarlos como sistema de protección. En este caso de seguridad 4, como requiere la norma.



Figura 3.17. Barreras Inmateriales.

Las barreras inmateriales están constituidas por uno o varios haces luminosos dispuestos como una cortina o barrera entre los elementos peligrosos de la instalación y el operario. Nuestra opción es una barrera SB4-30IS090C1 de WENGLOR, con tipo de seguridad categoría 4, 4 haces y 300mm de distancia entre haces como apreciamos en la Fig. 3.18.

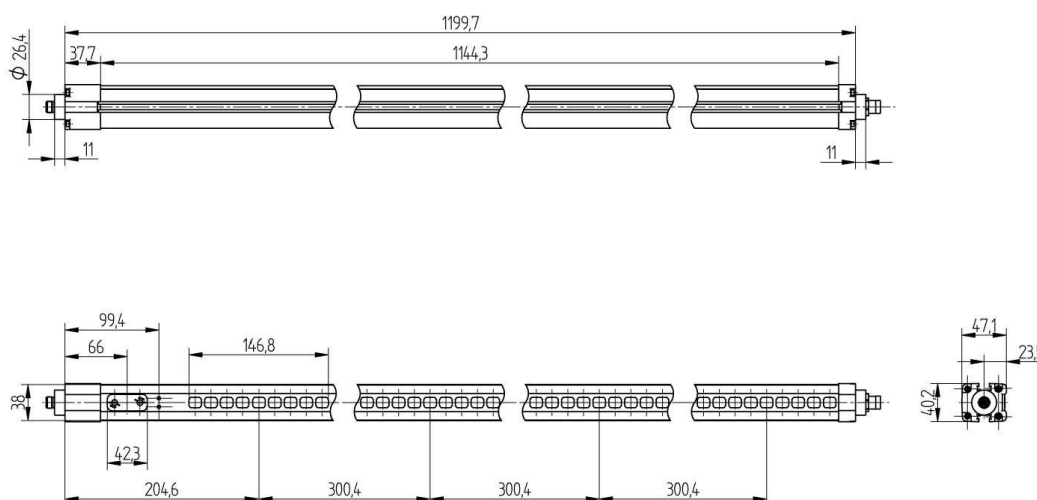


Figura 3.18. Dimensiones barreras inmateriales.

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

#### AUTÓMATA Y PERIFERIA

Todo el sistema está administrado por el autómata SIEMENS, situado en el **cuadro del robot**. Este cuadro proporciona mandos para el control, paro y funcionamiento de la célula desmoldeadora. Junto con la pantalla SIMATIC HMI (Fig. 3.19), que nos dará toda la información de errores y estado de los sensores de la instalación, a la par que nos permitirá actuar con varios cilindros manualmente. Para el funcionamiento diario de la instalación se llevará a cabo mediante dos botoneras. Una se encontrará en la zona de entrada y salida de carros y la otra botonera se dispondrá en la puerta.

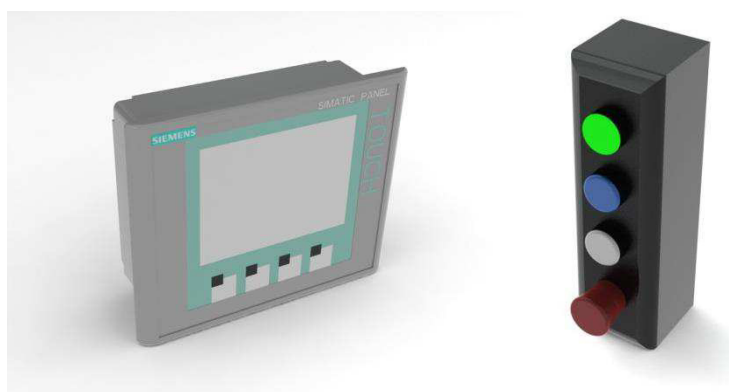


Figura 3.19. Pantalla SIMATIC y botonera.

El autómata es un SIEMENS et200s y se compone de estos módulos:

- 1x **IM151-8 PN/DP CPU** (6ES7 151-8AB00-0AB0)
- 1x **PM-E DC24V..48V** (6ES7138-4CA50-0AB0)
- 2x **4/8 F-DI DC24V PROFI-safe** (6ES7138-4FA03-0AB0)
- 1x **4 F-DO DC24V/2A PROFI-safe** (6ES7138-4FC01-0AB0)
- 1x **Módulo de potencia PM-E DC24V** (6ES7138-4CA01-0AA0)
- 1x **8DI DC24V** (6ES7131-4BF00-0AA0)
- 1x **8DO DC24V/0,5A** (6ES7132-4BF00-0AA0)
- 1x **4SI IO-Link** (6ES7138-4GA50-0AB0)

### 3. Descripción de la instrumentación utilizada

---

En éste último módulo conectaremos 4 distribuidores IO-LINK de la marca BALLUFF, 2 que son IP67 para distribuir fácilmente la sensórica y los accionamientos de la prensa y el carro elevador (Fig. 3.20), y dos módulos IP20 para conectar las entradas y las salidas del robot con el autómata dentro del cuadro.



Figura 3.20. Distribuidor activo.

Como **indicador luminoso** emplearemos unas columnas de señalización modulares (Fig. 3.21) en una zona visible desde cualquier punto de la instalación.



Figura 3.21. Baliza luminosa.

**Apartado 4:**

**SOFTWARE**

**UTILIZADO**

### a) SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL AUTÓMATA: entorno de programación y sentencias básicas.

Para esta instalación necesitamos un autómata que cumpla con los siguientes requisitos mínimos:

- Tensión de alimentación 24 V CC.
- 8 Entradas digitales.
- 8 Salidas Digitales.
- 2 Entradas de seguridad
- 1 Salida de Seguridad
- 4 Salidas IO-LINK

Escogimos el modelo ET 200S de SIEMENS por ser un autómata con una gran flexibilidad que se ajustaba perfectamente a nuestras necesidades.

Ya hemos estudiado anteriormente cómo es un autómata programable. Cualquier programa hecho en nuestro modelo de autómata, está dividido en diversas partes o bloques, de tal manera que un programa grande sea más sencillo, además de tener tipos de bloques específicos para cada función; estos tipos bloques y sus particularidades se describen a continuación.

También habíamos dicho anteriormente que la programación pueda hacerse utilizando diversos lenguajes, nosotros nos centraremos en el lenguaje KOP, visto anteriormente de manera resumida, y desarrollado de forma completa en este apartado.



### BLOQUES DEL PROGRAMA DE USUARIO

El software de programación STEP 7 permite estructurar el programa de usuario, es decir, subdividirlo en distintas partes. Esto aporta las siguientes ventajas:

- los programas de gran tamaño se pueden programar de forma clara.
- se pueden estandarizar determinadas partes del programa.
- se simplifica la organización del programa.
- las modificaciones del programa pueden ejecutarse más fácilmente.
- se simplifica el test del programa, ya que puede ejecutarse por partes.
- se simplifica la puesta en marcha.

### TIPOS DE BLOQUES

En un programa de usuario S7 se pueden utilizar diversos tipos de bloques:

- Bloques de organización (OB): Los OBs definen la estructura del programa de usuario.
- Funciones (FC) Las FCs contienen rutinas de programa para funciones frecuentes.
- Bloques de función (FB): Los FBs son bloques con "memoria" que puede programar el mismo usuario.
- Bloques de datos (DB) Los DBs son áreas de datos para almacenar los datos de usuario. Adicionalmente a los datos asociados a un determinado bloque de función, se pueden definir también datos globales a los que pueden acceder todos los bloques.
- Bloques de datos de instancia (DBs de instancia): Al llamarse a un FB/SFB, los DBs de instancia se asocian al bloque. Los DBs de instancia se generan automáticamente al efectuarse la compilación.
- Bloques de función del sistema (SFBs) y funciones de sistema (SFCs): Los SFBs y SFCs están integrados en la CPU, permitiéndole acceder a importantes funciones del sistema.

## 4. Software Utilizado

---

Los OBs, FBs, SFBs, FCs y SFCs contienen partes del programa, por lo que se denominan también bloques lógicos. El número permitido de bloques de cada tipo y su longitud admisible dependen de la CPU.

Estudiemos ahora cada tipo de bloque por separado:

### ➤ Bloques de organización y estructura del programa (OB)

Los bloques de organización (OB) constituyen el interface entre el sistema operativo y el programa de usuario. Son llamados por el sistema operativo y controlan el procesamiento cíclico y controlado por alarmas del programa, el comportamiento de arranque del sistema de automatización y el tratamiento de los errores. Programando los bloques de organización se define el comportamiento de la CPU.

Los bloques de organización determinan la secuencia (eventos de arranque) en la que habrán de ejecutarse las diferentes partes del programa. La ejecución de un OB puede ser interrumpida por la llamada de otro OB. Qué OB puede interrumpir a otro OB depende de su prioridad. Los OBs de mayor prioridad pueden interrumpir a los de menor prioridad.

Los eventos de arranque que provocan la llamada de un determinado OB se denominan también alarmas. La tabla siguiente muestra los tipos de alarma en STEP 7 y la prioridad de los bloques de organización asociados. No todos los bloques de organización y sus prioridades existen en todas las CPUs S7.

<b>Tipo de Alarma</b>	<b>Bloque de Organización</b>	<b>Prioridad (predeterminada)</b>
Ciclo libre	OB 1	1
Alarmas horarias	OB 10 a OB 17	2
Alarmas de retardo	OB 20 a OB 23	3 a 6
Alarmas cíclicas	OB 30 a OB 38	7 a 15
Alarmas de proceso	OB 40 al OB 47	16 a 23
Alarmas DPV1	OB 55 al OB 57	2
Alarma de multiprocesamiento	OB 60	25
Alarma de sincronía al ciclo	OB 61 al OB 64	25
Error de redundancia	OB 70 al OB 72	25
Errores asíncronos	OB 80 al OB 87	25
Ciclo no prioritario	OB 90	29
Arranque	OB 100 al OB 102	27
Errores síncronos	OB 121 al OB 122	(la del OB causante)

## 4. Software Utilizado

---

### ➤ Funciones (FC)

Las funciones son bloques programables. Una función es un bloque lógico "sin memoria". Las variables temporales de las FCs se memorizan en la pila de datos locales.

Estos datos se pierden tras el tratamiento de las FCs. Para fines de memorización de datos, las funciones pueden utilizar bloques de datos globales. Como una FC no tiene asignada ninguna memoria, se han de indicar siempre parámetros actuales.

A los datos locales de una FC no se pueden asignar valores iniciales.

#### ○ Campo de aplicación:

La FC contiene un programa que se ejecuta cada vez que la FC es llamada por otro bloque lógico. Las funciones se pueden utilizar para:

- devolver un valor de función al bloque invocante (ejemplo: funciones matemáticas)
- ejecutar una función tecnológica (ejemplo: control individual con combinación binaria).

### ➤ Bloques de función (FB)

Los bloques de función son bloques programables. Un FB es un bloque "con memoria". Dispone de un bloque de datos asignado como memoria (bloque de datos de instancia). Los parámetros que se transfieren al FB, así como las variables estáticas, se memorizan en el DB de instancia. Las variables temporales se memorizan en la pila de datos locales.

Los datos memorizados en el DB de instancia no se pierden al concluir el tratamiento del FB. Los datos memorizados en la pila de datos locales se pierden al concluir el tratamiento del FB.

## 4. Software Utilizado

---

### ➤ Bloques de datos de instancia (DBs de instancia)

A cada llamada de un bloque de función que transfiere parámetros está asignado un bloque de datos de instancia. En el DB de instancia están depositados los parámetros actuales y los datos estáticos del FB. Las variables declaradas en el FB definen la estructura del bloque de datos de instancia. La instancia define la llamada de un bloque de función.

Si, por ejemplo, un bloque de función se llama cinco veces en el programa de usuario S7, existen cinco instancias de dicho bloque.

Mediante la llamada de varias instancias de un FB es posible controlar varios equipos con un FB. Un FB para un tipo de motor puede controlar, por ejemplo, diferentes motores, utilizando datos de instancia diferentes para los diferentes motores. Los datos para cada motor (tales como número de revoluciones, rampas, tiempo de funcionamiento acumulado, etc.) se pueden memorizar en uno o varios DBs de instancia.

### ➤ Bloques de datos globales (DB)

Al contrario de los bloques lógicos, los bloques de datos no contienen instrucciones STEP 7. En cambio, sirven para depositar datos de usuario, es decir que los bloques de datos contienen datos variables con los que trabaja el programa de usuario. Los bloques de datos globales contienen datos de usuario utilizables desde otros bloques.

### ➤ Bloques de función de sistema (SFB)

Un SFB es un bloque de funciones integrado en la CPU S7. Como los SFBs forman parte del sistema operativo, no se cargan como parte integrante del programa. Al igual que los FBs, los SFBs son bloques "con memoria". Para los SFBs se han de crear también bloques de datos de instancia y cargar en la CPU como parte integrante del programa.

Las CPUs S7 ofrecen SFBs:

- Para la comunicación vía enlaces configurados
- Para las funciones especiales integradas

## 4. Software Utilizado

---

### ➤ Funciones del sistema (SFC)

Una función del sistema es una función preprogramada integrada en la CPU S7. La SFC se puede llamar desde el programa. Como las SFCs forman parte del sistema operativo, no se cargan como parte integrante del programa. Al igual que las FCs, las SFCs son bloques "sin memoria".

Las CPUs S7 ofrecen SFCs para:

- funciones de copia y de bloque
- control del programa
- manipulación del reloj y del contador de horas de funcionamiento
- transferencia de registros
- manipulación de alarmas horarias y de retardo
- manipulación de eventos de errores síncronos, eventos de errores de alarma y asíncronos
- información sobre datos de sistema estáticos y dinámicos, p. ej. Diagnóstico
- actualización de imágenes del proceso y tratamiento de campos de bits
- direccionamiento de módulos
- periferia descentralizada
- comunicación por datos globales
- la comunicación vía enlaces no configurados
- generar avisos de bloque

### Lenguaje de programación KOP

Dentro de cada bloque de programación es donde desarrollaremos nuestros programas. Como ya hemos visto anteriormente, un autómata se puede programar en diversos lenguajes diferentes, pero nosotros vamos a centrarnos en el lenguaje KOP:

#### 1. Operaciones Combinacionales lógicas

Dan lugar a la asignación de una salida o marca o a la ejecución de una instrucción determinada en función de la combinación de datos binarios.

Se tienen diversos segmentos y cada uno de ellos debe terminar en una asignación de un valor a una bobina (salida) o marca (variable auxiliar), ya sea de igualdad o a través de otras funciones, como Set y Reset. También puede terminar dando lugar a la ejecución de instrucciones dependientes del estado lógico al final (a la derecha) del segmento.

El valor que finalmente llega a esta asignación o instrucción será 1/0 si el resultado de la combinación lógica de las entradas y marcas desde el inicio (a la izquierda) hasta el final (a la derecha) da como resultado un 1/0.

Las operaciones lógicas en KOP son muy parecidas a la representación en el esquema cableado.

En un esquema cableado (se suele disponer en vertical) se alimenta la bobina que se encuentra al final del circuito si se encuentra un camino para la corriente desde la parte superior (tensión de 220 V o 24 V) hasta la bobina. Para ello debe existir un camino donde todos los contactos estén cerrados. En el lenguaje KOP, empezando por la izquierda se va realizando una consulta al estado de las entradas y se combina lógicamente esa entrada con el estado anterior.

Si la entrada está conectada a un contacto normalmente abierto, en condiciones de reposo la entrada estará a '0' lógico. Si el contacto es activado, la entrada se pondrá a '1'.

Inversamente, si la entrada está asociada a un contacto normalmente cerrado, en reposo la entrada estará a '1' lógico. Si el contacto es activado, la entrada se pondrá a '0'. Independientemente del tipo de contacto conectado a una entrada concreta.

## 4. Software Utilizado

Se puede operar con el valor lógico de esa entrada o con su valor negado. El primero caso sería el de la consulta al estado de la entrada EX.Y (  $-|$   $-$  ), en el que se emplea el valor lógico de dicha entrada. Para operar con el valor negado, se hará una consulta negada al estado de la entrada EX.Y (  $-|$   $/$   $-$  ).

Si dos entradas (o datos binarios en general) están en serie, ambas deben corresponderse con un nivel alto para que la combinación de ambas dé lugar a '1' o TRUE. Es una operación lógica AND (&) o Y. Es directamente asimilable a la combinación serie de dos contactos eléctricos, donde si uno de ellos está abierto, se impide el paso de corriente.

Si dos entradas se encuentran en paralelo, basta con que una de ellas sea cierta para que la combinación de ambas dé lugar a '1'. Se trata de una operación lógica OR u O. Se corresponde con la combinación paralela de dos contactos, en los que basta con que uno de ellos esté cerrado para que se permita el paso de corriente.

Recorriendo el segmento de izquierda a derecha se van analizando las combinaciones de datos binarios (entradas, salidas, marcas, estado de temporizadores...), y tras cada operación lógica se renueva lo que se llama el RLO (resultado de la operación lógica) que es el valor lógico que se tiene en cuenta al combinar con el elemento siguiente.

Cuando aparece una bifurcación (dos elementos en paralelo) el RLO se guarda en una pila de manera que se pueda realizar una nueva combinación lógica entre los contactos que se hallan en paralelo. El resultado de la combinación OR de todos estos elementos en paralelo es un nuevo RLO que se combina con el RLO anterior (que se saca de la pila).

Considerando el ejemplo de la activación del motor de una cinta transportadora, y suponiendo que los contactos físicos del térmico y del pulsador de paro son normalmente abiertos (también el del pulsador de marcha), el programa en KOP sería el mostrado en la Fig. 4.1:

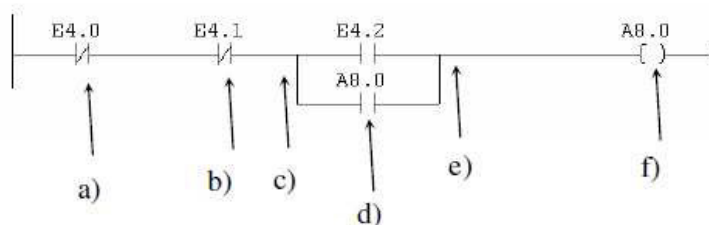


Figura 4.1. Programa en lenguaje KOP.

## 4. Software Utilizado

---

- a) Inicialmente se parte de un RLO igual a '1'. Se hace una consulta al estado negado de E4.0.  
En condiciones normales, el contacto NO al que está conectado no será accionado pues se trata del contacto NO del relé térmico, y este estado abierto del contacto da lugar a un nivel bajo de tensión en la entrada E4.0.  
Al ser la consulta al estado negado, en condiciones normales (sin actuar el relé térmico) esta consulta da lugar a un 1 lógico, que se combina en serie (operación Y) con el RLO anterior y da como resultado un RLO nuevo igual a '1'.  
Sólo en el caso de que exista una sobrecarga y el contacto NO del térmico se cierre, se tendrá un nivel alto de tensión en la entrada E4.0, que supone un nivel bajo en la *consulta negada de E4.0*, que impide que se pueda asignar un '1' a la salida.
- b) De nuevo el RLO fruto de la operación entre el estado negado de E4.0 y el RLO de partida (este último siempre es 1) se combina en serie (Y) con el estado negado de E4.1. El nuevo RLO será 0 si alguna de las entradas E4.0 o E4.1 está a nivel alto de tensión (consulta negada igual a '1')
- c) Al encontrarse una derivación paralelo, el RLO se almacena en una pila de resultados. Le llamaremos RLO1.
- d) Se inicia una nueva secuencia de comprobaciones de estados. En principio, se halla la combinación paralelo (OR) de los estados de E4.2 y de A8.0. Este estado es el de la salida A8.0 de manera que cuando la salida esté activada, el dato de memoria A8.0 estará a 1 (en principio se supondrá que esta salida vale '0'). Si alguna de estas variables está a 1, RLO2 valdrá 1.
- e) Cuando halla la combinación paralelo y tiene el nuevo RLO (que es RLO2), saca de la pila el valor anterior de RLO (que era RLO1) y los combina en serie, valor que sustituye al anterior RLO (que valía RLO1)
- f) Este valor de RLO será asignado a la salida A8.0 y en el siguiente ciclo, la consulta al estado A8.0 del punto e) tomará dicho valor.



## 4. Software Utilizado

### 2. Marcas

Se denominan marcas a las variables auxiliares que pueden retener un determinado resultado (no necesariamente lógico). Se reconocen por la letra M. Son asignadas de igual forma que las salidas, y su valor también puede ser empleado de igual forma.

### 3. Puesta a 1 (S) y Puesta a 0 (R) del operando

Estos son dos elementos dependientes en cualquier caso del RLO y que se aplican a un operando (típicamente salidas y marcas de memoria).

Se identifican como  $-(S)$  y  $-(R)$  en KOP:

- Puesta a 1. Si el RLO es '1', pone el operando al que se aplica a '1'. Si el RLO es '0' no produce ningún efecto y mantiene el operando en su valor anterior, ya sea '1' o '0'.
- Puesta a 0. Si el RLO es '1', pone el operando al que se aplica a '0'. Si el RLO es '0' no produce ningún efecto y mantiene el operando en su valor anterior, ya sea '1' o '0'.

Después de una operación Set o Reset en AWL, la siguiente instrucción U, O o X será simplemente una consulta al estado del operando de la instrucción.

El ejemplo del arranque del motor quedaría como en la Figura 4.2:

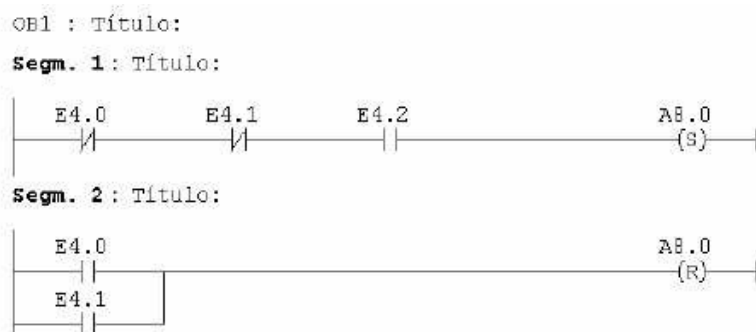


Figura 4.2. Arranque de motor.

La salida A8.0 se activará cuando concorra que no ha disparado el térmico (el contacto NO no se ha cerrado), que no se ha actuado sobre el pulsador de paro NO, y que se ha actuado sobre el pulsador de marcha NO. En ese momento se activa la salida A8.0 y no se desactivará hasta que se resetee o se le asigne el valor cero.

## 4. Software Utilizado

Un reseteo se producirá cuando, o bien dispare el térmico y el contacto NO se cierre (nivel alto en la entrada E4.0) o cuando se pulse el pulsador de paro (su contacto normalmente abierto se cierra y da un nivel alto en E4.1).

### 4. Detección de flancos

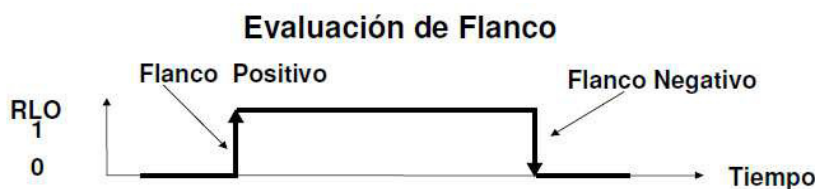


Figura 4.3. Flancos.

El estado de señal del bit RLO se compara durante cada ciclo del programa con el estado de señal del bit RLO del ciclo anterior para determinar los cambios de estado. Para poder ejecutar la comparación hay que almacenar el estado del bit RLO anterior en alguna marca libre (<bit>). Si el estado de señal actual del bit RLO es distinto que el estado anterior, tras ejecutarse esta operación el bit RLO será "1".

Puede detectar tanto flancos positivos (instrucción **FP**), como negativos (instrucción **FN**).

Ejemplo:

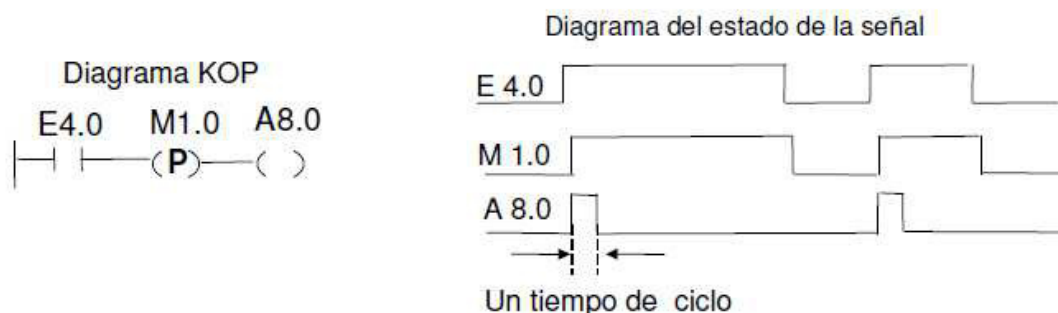


Figura 4.4. Ejemplo detección flancos.

*El detector de flancos negativos FN o  $-(N)$  — sería similar, sólo que la salida sería activada durante un tiempo de ciclo tras el flanco negativo de E4.0.*

## 4. Software Utilizado

---

### 5. Carga y transferencia de datos

#### ○ Acumuladores

Los dos acumuladores de 32 bits son registros universales para el procesamiento de bytes, palabras y dobles palabras. Se puede cargar las constantes y valores de los operadores desde la memoria en el ACU 1 (Carga de datos L) y ejecutar aquí las operaciones lógicas.

También se puede transferir el resultado lógico del ACU 1 a una dirección de operando (transferencia de datos T).

El mecanismo de pila para gestionar los acumuladores funciona de la siguiente manera:

- Una operación de carga siempre tiene efecto únicamente en el ACU 1 y almacena el contenido antiguo de ACU 1 en el ACU 2.
- Una operación de transferencia (operación de copia) no cambia el contenido de los acumuladores.
- La operación TAK permuta los contenidos de ACU 1 y ACU 2.
- El resultado de las operaciones lógicas entre el ACU 1 y el ACU 2 (operaciones aritméticas, de comparación, Y, O,...) siempre se almacena en el ACU 1.

Atendiendo a su tamaño, existen diversos tipos de datos con los que el STEP7 trabaja. Todos los tipos de datos simples definen el tamaño y formato de un objeto de datos.

Los principales son:

- BOOL (1 bit)
- BYTE (1 byte, 8 bits)
- WORD o palabra (2 bytes, 16 bits)
- DWORD o doble palabra (4 bytes, 32 bits)

Por ejemplo para designar al dato booleano correspondiente a la entrada 4.0, se emplea E 4.0. Para designar al byte de entrada 4 completo, se emplea EB 4. La palabra de entrada 2 (EW 2) está compuesta por los bytes de entrada 2 y 3 (EB 2 y EB 3). La doble palabra de entrada ED 0 está compuesta por EW0 y EW2 o también por EB0, EB1, EB2 y EB3. Para una salida, sería AB, AW o AD. Para una marca, MB, MW o MD.

## 4. Software Utilizado

Existen otros tipos de datos que reconoce el software de programación:

1 bit BOOL	1 byte (8 bits) BYTE CHAR	1 palabra (2 bytes) WORD INT DATE STIME	2 palabras (4 bytes) DWORD DINT REAL TIME TIME_OF_DAY
---------------	---------------------------------	---	--

### ○ Carga de datos

**L** <operando> carga en el ACU 1 el contenido del byte, de la palabra o de la doble palabra direccionado. El antiguo valor de ACU 1 pasa a ACU 2. No acepta carga de bits por separado.

Ejemplo:

L	EB10	Cargar byte de entrada EB10 en el ACU1-L-L.
L	MB120	Cargar byte de marcas MB120 en el ACU1-L-L.
L	PEPE	Cargar parámetro "PEPE" en ACU1

### ❖ Contenido del ACU 1 antes de ejecutar la operación de carga:

ACU1-H-H ACU1-H-L ACU1-L-H ACU1-L-L

XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX X = "1" ó "0"

### ❖ Contenido del ACU 1 después de ejecutar la instrucción L MB10 (L <byte>):

00000000 00000000 00000000 <MB10>

### ❖ Contenido del ACU 1 después de ejecutar la instrucción L MW10 (L <palabra>):

00000000 00000000 <MB10> <MB11>

### ❖ Contenido del ACU 1 después de ejecutar la instrucción L MD10 (L <doble palabra>):

<MB10> <MB11> <MB12> <MB13>

## 4. Software Utilizado

---

### **Trasferencia de datos**

Descripción de la operación:

T <operando> transfiere (copia) el contenido del ACU 1 a la dirección de destino. El número de bytes que se copia del ACU 1 dependerá del tamaño indicado en la dirección de destino. El ACU 1 también almacena los datos después de la operación de transferencia (no se borra de ACU 1). La operación se ejecuta sin tener en cuenta ni afectar a los bits de la palabra de estado.

### **6. Temporizadores**

Existe un área de memoria reservada a los temporizadores. Por cada temporizador se reserva una palabra (16 bits). El valor de tiempo puede estar en un rango de 10 ms a 9990s (2 horas, 46 minutos y 30 segundos).

Valores de temporización predeterminados:

Tipo de datos S5TIME => unidades disponibles: h (horas), m (minutos), s (segundos), ms (milisegundos)

Formato general ==> s5t#\_xh\_ym\_zs\_xxms (las variables definidas por el usuario son x, y, z, xx)

El formato general para el tipo de datos S5TIME tiene los siguientes valores límite para el margen y la resolución:

Margen Resolución:

- 10MS a 9S\_990MS 0,01 segundos
- 100MS a 1M\_39S\_900MS 0,1 segundos
- 1S a 16M\_39S 1 segundo
- 10S a 2H\_46M\_30S 10 segundos
- S5TIME#4S --> 4 segundos
- s5t#2h\_15m --> 2 horas y 15 minutos
- S5T#1H\_12M\_18S --> 1 hora 12 minutos y 18 segundos

Los valores no deben exceder 2H\_46M\_30S. Los valores con un margen o una resolución demasiado grandes (p. ej. 2H\_10MS) se redondean de tal forma que correspondan a la tabla para el margen y la resolución. El S7-300 ofrece tres opciones para el retardo de tiempo:

## 4. Software Utilizado

- S\_EVERZ Temporizador de retardo a la conexión
- S\_AVERZ Temporizador de retardo a la desconexión
- S-SEVERZ Temporizador de retardo a la conexión memorizado

Así como dos opciones de temporización por impulso:

- S\_IMPULS Temporizador de impulso
- S\_VIMP Temporizador de impulso prolongado

## 7. Contadores

La forma de proceder con los contadores es muy similar a la de los temporizadores. De igual forma, existe en KOP, dos formas de emplearlos. Una con un elemento general, y otra forma, accediendo a cada una de sus funciones.

En KOP, existen contadores ascendentes, descendentes y ascendentes/descendentes. Se verá sólo el tercero al ser los otros dos una particularización de éste.

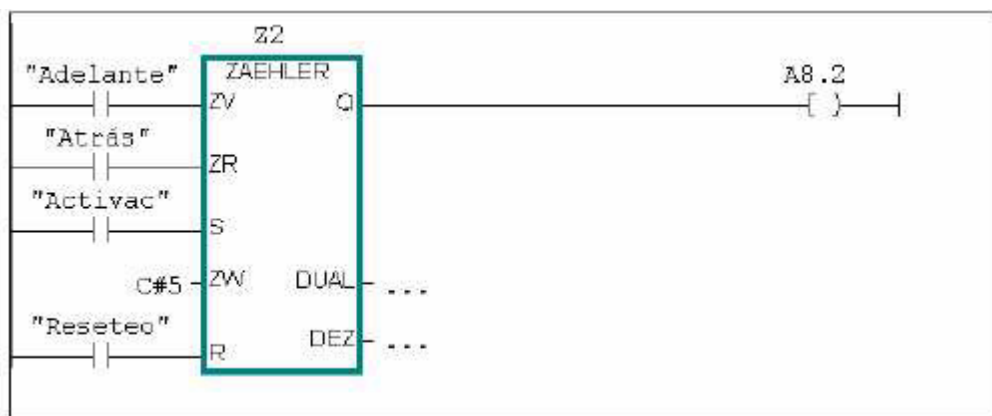


Figura 4.5. Contador.

El valor al que se inicializa el contador viene dado por el dato asociado a la entrada ZW. El contador se inicializa a este valor y estará preparado para contar cuando se produzca un flanco de subida en el valor lógico asociado a la entrada S.

Una vez activado el contador, ZV y ZR incrementan y decrementan, respectivamente, la cuenta cuando el valor lógico conectado a su entrada pasa de 0 a 1.

La puesta a cero del contador se puede forzar anticipadamente con un flanco de subida en la entrada R.

## 4. Software Utilizado

Con las salidas DUAL y DEZ se puede conocer el valor actual de la cuenta, tanto como número entero como en código BCD.

Finalmente la salida Q estará a 1 desde que se activa el contador y mientras el valor de la cuenta sea distinto de 0, y estará a 0 antes de activarlo, después de resetearlo, o desde el momento en que la cuenta llega a cero. En este caso, para activar de nuevo el contador, será necesario un flanco de subida en S.

A cada una de estas posibilidades puede accederse sin necesidad de usar el elemento contador Zähler. Así, lo anterior sería equivalente a lo mostrado en la Fig. 4.6:

**Segm. 3 : Título:**



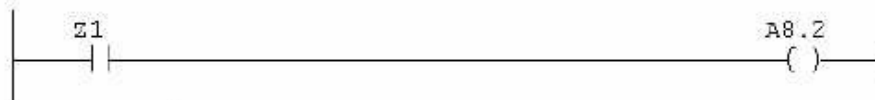
**Segm. 4 : Título:**



**Segm. 5 : Título:**



**Segm. 6 : Título:**



**Segm. 7 : Título:**



Figura 4.6. Equivalencia contador.

## 8. Saltos

En un módulo de organización, módulo de función o función, se puede alterar la ejecución secuencial de un programa, dirigiendo el puntero que apunta a la siguiente instrucción a ejecutar a otro punto del programa. Este punto al que se salta se llama etiqueta y habrá de ser una palabra de como mucho 4 caracteres.

## 4. Software Utilizado

En el lugar desde el que se produce el salto, se referencia la etiqueta precedida de la orden de salto correspondiente. En el punto al que se produce el salto, delante de la primera instrucción a ejecutar tras el salto, se situará el nombre de la etiqueta.

El salto puede ser incondicional (se salta siempre) o condicional (se produce el salto sólo si el RLO es cierto).

Ejemplo (Fig. 4.7):

*Se quiere que si la entrada E4.1 está a '1', que asigne el valor de la entrada E4.7 a la salida A5.1. Si la entrada E4.1 está a 0, que asigne la entrada E4.7 a la salida A5.2, y que además resetee la salida A5.0 en función de E4.3*

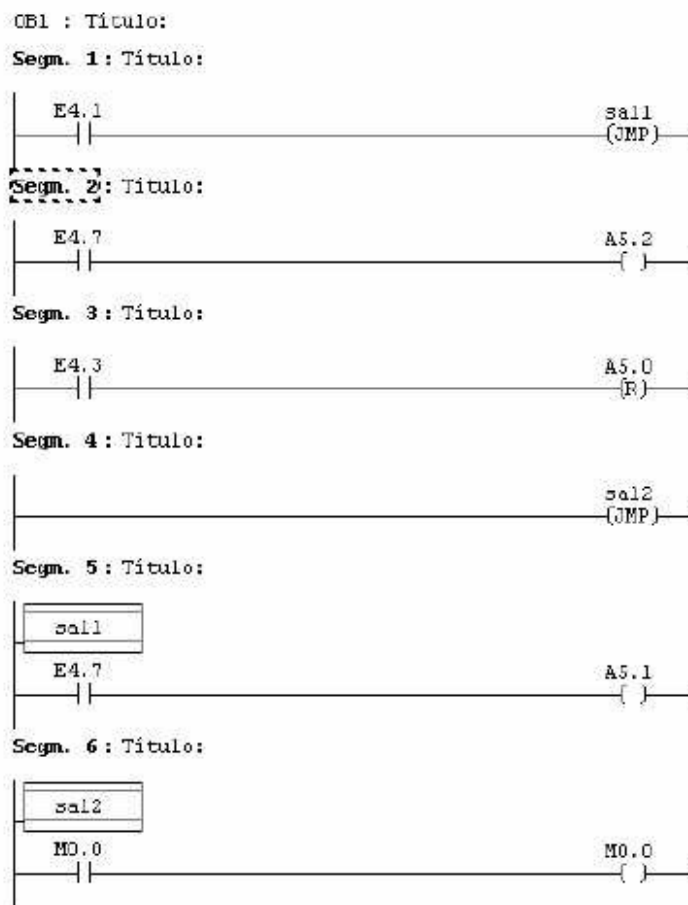


Figura 4.7. Ejemplo de salto.



### b) SOFTWARE ASOCIADO A LA PANTALLA TÁCTIL DE SUPERVISIÓN

En una instalación de nuestras características, la inclusión de una pantalla táctil se propone para obtener un control total sobre alarmas, accionamientos y sensórica.

Las botoneras son mucho más robustas y eficientes en instalaciones que no tengan que variar ningún parámetro en la producción, pero no nos proporcionan el grado de libertad de una pantalla táctil y están muy limitadas en cuanto a accionamientos.

Nuestra elección es una pantalla de tamaño pequeño, en blanco y negro, y de la misma marca que el autómatas, para que la programación sea mucho más sencilla. La pantalla táctil de la marca **SIMATIC** modelo **KTP400 Basic** (Fig.4.8), incluía un software de programación llamado WinCC.



Figura 4.8. Pantalla simatic KTP400 basic.

**WinCC** es una aplicación de software de última generación con la que el usuario puede crear paneles de operadores y configurar parámetros operativos para dispositivos de la interfaz usuario-máquina (HMI), como por ejemplo nuestra pantalla táctil SIMATIC KTP400 Basic. Este programa proporciona todas las herramientas necesarias para el diseño de un proyecto HMI, desde la adquisición de datos hasta la creación y la visualización de sinopsis animadas.

## 4. Software Utilizado

El entorno de WinCC tiene el siguiente aspecto:

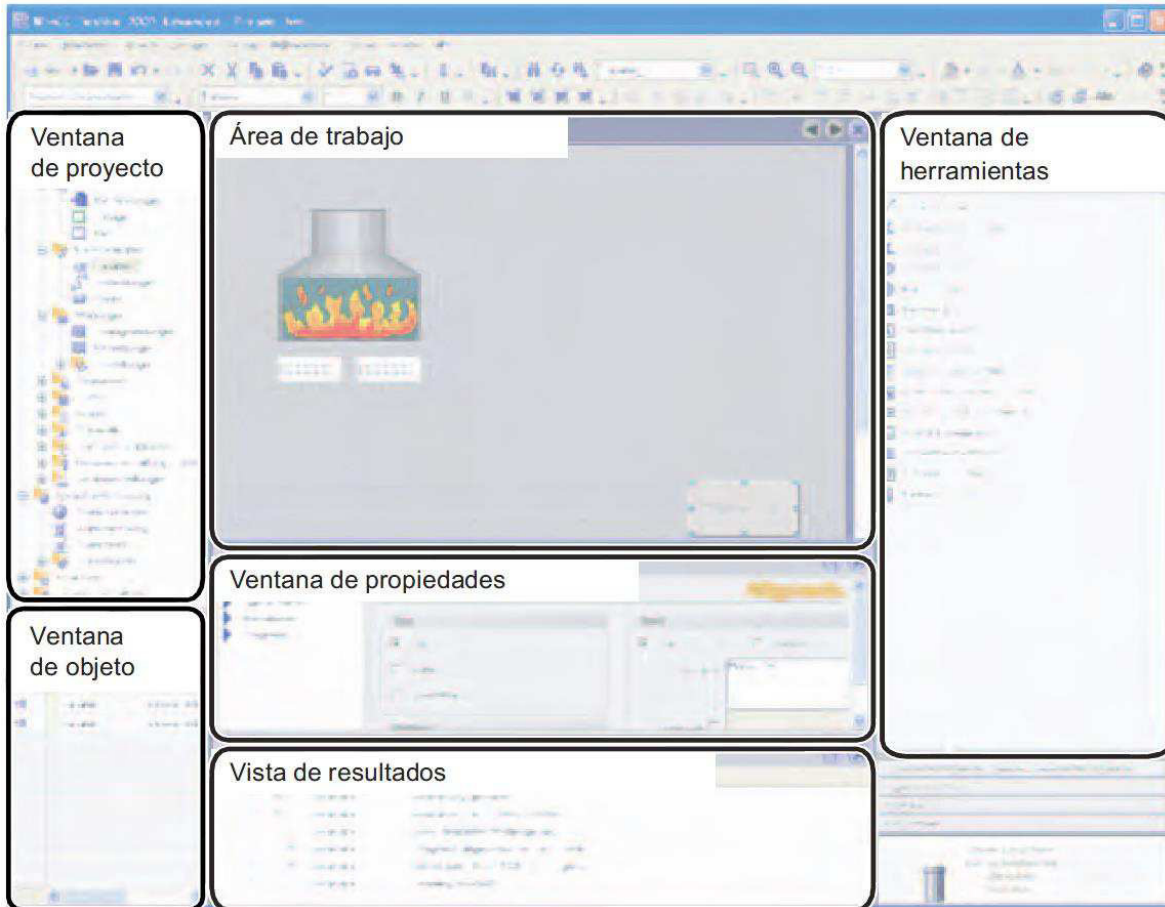


Figura 4.9. Ventanas de WinCC.

Propiedades de la pantalla:

- 1) **Menús y barras de herramientas.** Mediante los menús y las barras de herramientas se accede a todas las funciones disponibles en WinCC. Si se coloca el puntero del ratón sobre una función, se obtendrá una breve explicación sobre la misma.
- 2) **Área de trabajo.** En el área de trabajo se editan los objetos del proyecto. Todos los elementos de WinCC flexible se agrupan entorno al área de trabajo. A excepción del área de trabajo, todos los elementos se pueden disponer y configurar en función de las necesidades del usuario (por ejemplo, desplazar u ocultar).

## 4. Software Utilizado

---

- 3) **Ventana de proyecto.** Todos los componentes y editores disponibles de un proyecto se visualizan en la ventana de proyecto en forma de árbol y se pueden abrir desde ella. Como subelementos de cada editor, se pueden observar carpetas que permiten almacenar los objetos de forma estructurada. Además, en el caso de las imágenes, recetas, scripts, informes y diccionarios de usuario se puede acceder directamente a los objetos configurados. Desde la ventana de proyecto se puede acceder a los ajustes del panel de operador, al soporte de idiomas y a la administración de versiones.
- 4) **Ventana de propiedades.** Las propiedades de los objetos, p. ej. el color de los objetos de imagen, se editan en la ventana de propiedades. La ventana de propiedades sólo está disponible en algunos editores.
- 5) **Ventana de herramientas.** La ventana de herramientas contiene una selección de objetos que se pueden insertar en las imágenes, como por ejemplo, los objetos gráficos o los elementos de mando. Asimismo, la ventana de herramientas dispone de librerías con objetos ya preparados, así como de colecciones de faceplates.
- 6) **Librería.** La librería forma parte de la ventana de herramientas. En la librería se accede a los objetos de imagen configurados con anterioridad. Los objetos de librería amplían la cantidad de objetos de imagen disponibles y aumentan la efectividad de la configuración gracias a la posibilidad de reutilizar objetos ya disponibles. En una librería se almacenan de forma centralizada los objetos que se necesitan con frecuencia, por ejemplo los objetos de imagen y las variables.
- 7) **Ventana de resultados.** La ventana de resultados muestra avisos del sistema generados, por ejemplo, al comprobar un proyecto.

En WinCC flexible, el proyecto contiene todos los datos de configuración de una instalación o panel de operador. Los datos de configuración pueden ser:

- Imágenes de proceso que representan el proceso.
- Variables que transfieren datos entre el control y el panel de operador en runtime.
- Avisos que muestran los estados operativos en runtime
- Ficheros que almacenan valores de proceso y avisos

Nuestro proyecto será de tipo monopuesto, ya que solamente dispondremos de un panel de operador

## 4. Software Utilizado

- **Variables:** Las variables externas hacen posible la comunicación, es decir, el intercambio de datos entre los componentes de un proceso de automatización, por ejemplo, entre el panel de operador y el autómeta.

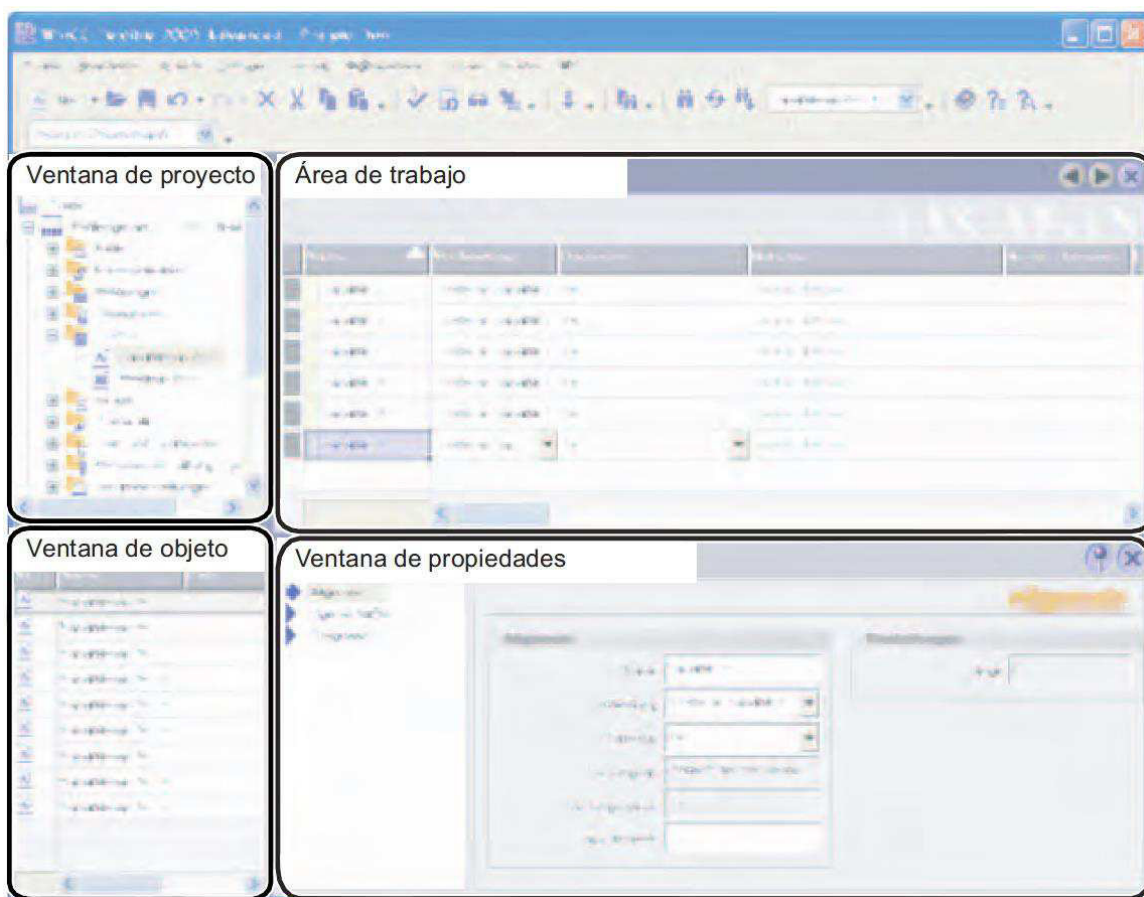


Figura 4.10. Ventana de Variables.

Todas las propiedades de variables y elementos de array pueden definirse no sólo en los editores de tablas sino también en las ventanas de propiedades correspondientes.

La ventana de propiedades en cuestión ofrece la misma información y posibilidades de ajuste que el editor de variables.

## 4. Software Utilizado

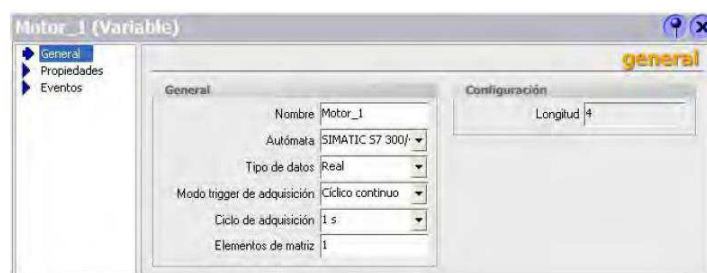


Figura 4.11. Propiedades de variable.

En la ventana de propiedades para variables es posible configurar las propiedades mostradas en la figura 4.12:

Entrada en la estructura de árbol	Campos
"General"	"Nombre" "Conexión" "Tipo de datos" "Tipo de adquisición" "Ciclo de adquisición" "Elementos de matriz" "Longitud"
"Propiedades"	
"Direccionamiento" (sólo para variables externas)	"Símbolo" (sólo con configuración integrada) "Área" "DB" "DBW"
"Límites"	"Límite superior desactivado" "Límite superior constante" "Límite superior variable" "Límite inferior desactivado" "Límite inferior constante" "Límite inferior variable" Comprobar límite Crear avisos
"Escala lineal" (sólo para variables externas)	"Valor final del control" "Valor inicial del control" "Valor final del panel de operador" "Valor inicial del panel de operador"
"Configuración básica"	"Identificador de actualización" "Actualizar siempre"
"Comentario"	Campo de texto para entrar el comentario
"Multiplexar"	Activar y desactivar el direccionamiento indirecto
"Archivar"	"Fichero de variables" "Tipo de muestreo" "Ciclo de archivo"
"Límites de archivo"	"Límite superior constante" "Límite superior variable" "Límite superior ningún valor límite" "Límite inferior constante" "Límite inferior variable" "Límite inferior ningún valor límite"
"Eventos"	
"Límite superior excedido"	Lista de funciones que se ejecuta cuando se supera el valor límite superior
"Modificación de valor"	Lista de funciones que se ejecuta cuando se modifica el valor de proceso. Si el valor de la columna "Elementos de matriz" es mayor que 1, sólo estará disponible el evento "Modificación de valor".
"Límite inferior"	Lista de funciones que se ejecuta cuando se rebasa por defecto el valor límite inferior

Figura 4.12. Configuración variables.

## 4. Software Utilizado

- **Imágenes:** WinCC flexible permite configurar interfaces de usuario para controlar y supervisar máquinas e instalaciones. Para crear imágenes se dispone de objetos predefinidos para reproducir la instalación, visualizar los distintos procesos y preseleccionar valores de proceso.

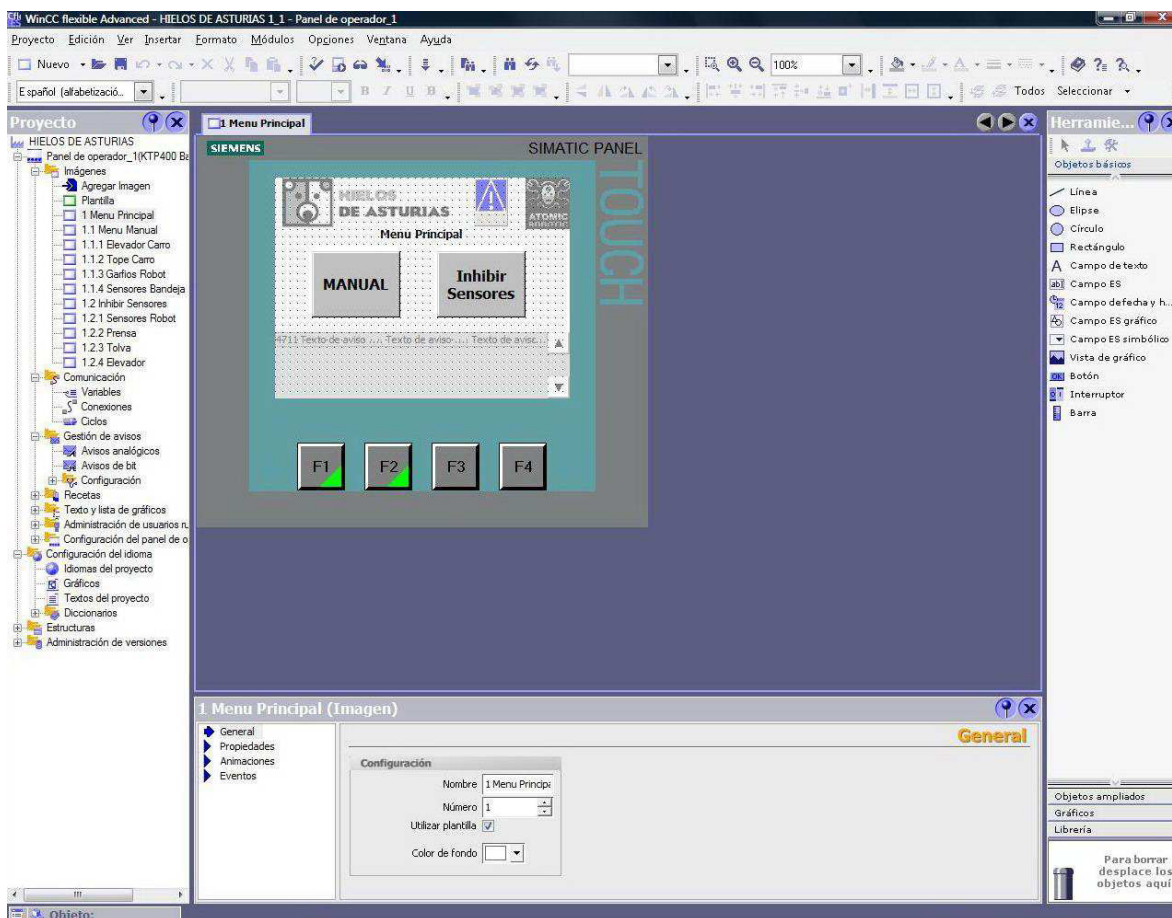


Figura 4.13. Creación de imágenes.

En nuestro caso utilizaremos un total de 11 imágenes en las que dispondremos de los controles suficientes para la gestión de alarmas y controles de la instalación. A continuación pasaremos a ver estas imágenes y describiremos brevemente la función de éstas.

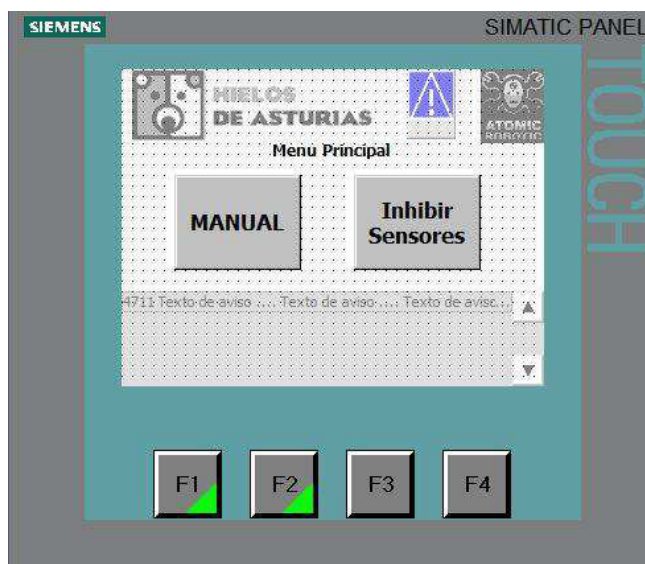
En todas ellas se encuentran elementos comunes, como la barra de alarmas inferior o las imágenes empresariales.



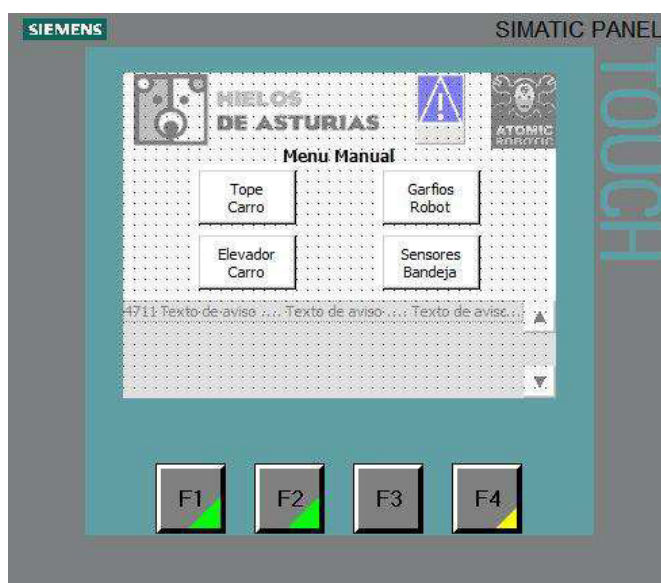
## 4. Software Utilizado

---

1. Menú Principal. Es la pantalla principal de la instalación. Permite acceder los menús de control MANUAL y al de Inhibiciones. El botón MANUAL está por defecto deshabilitado siempre que la instalación se encuentre en producción.



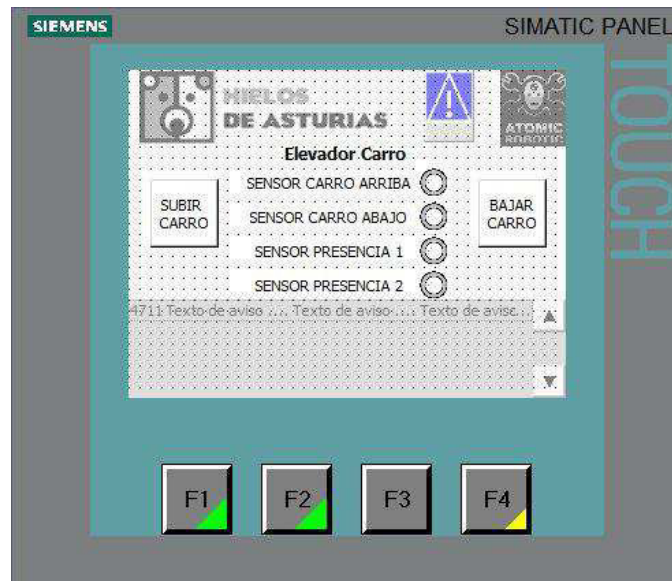
- 1.1 MANUAL. En este menú podremos acceder a los distintos tipos de dispositivos para conocer tanto su estado como para interactuar con ellos.



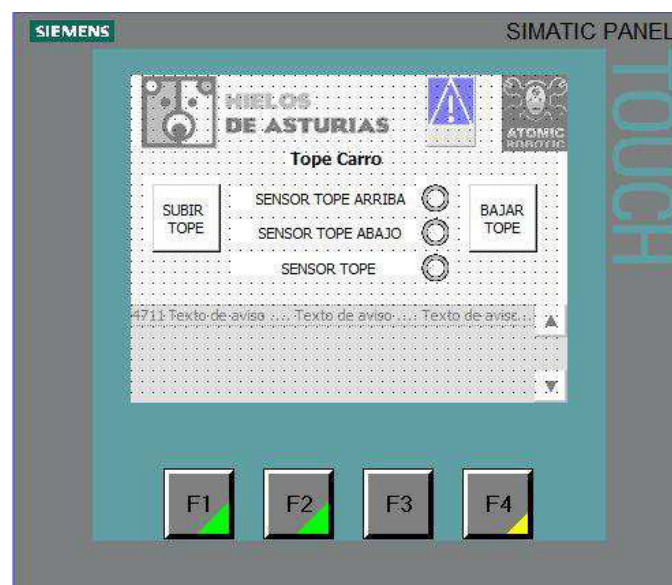
## 4. Software Utilizado

---

- 1.1.1 Elevador Carro. En esta pantalla dispondremos de la información de sensores de la mesa elevadora a la par que podremos subirla y bajarla manualmente.



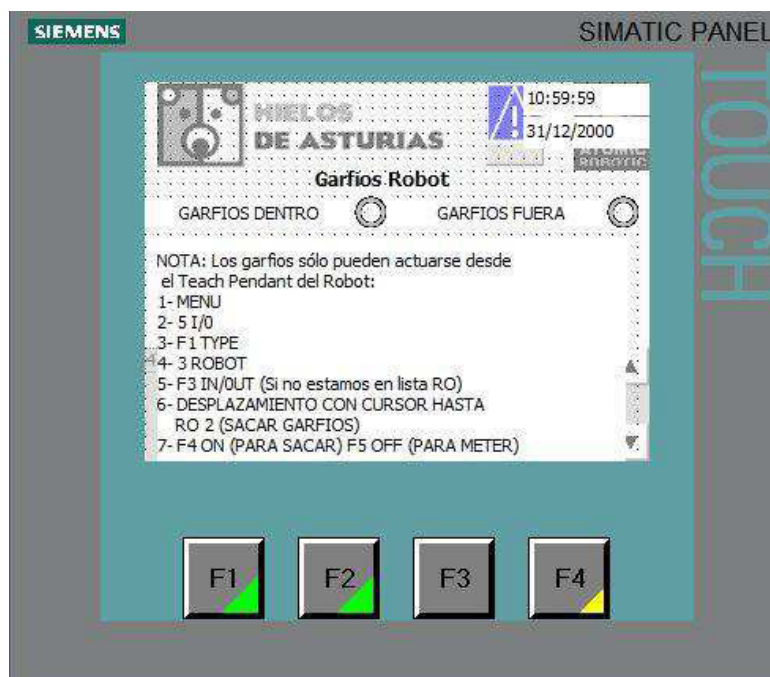
- 1.1.2 Tope Carro. Aquí dispondremos de la información de los sensores del tope de la mesa elevadora, pudiendo a la vez accionar el mismo.



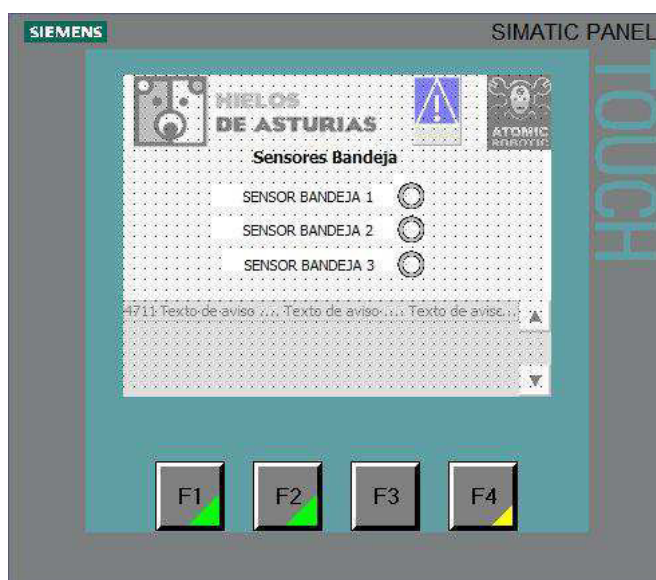


## 4. Software Utilizado

- 1.1.3 Garfios Robot. En esta pantalla encontramos la información que nos permite accionar los garfios de la mordaza del robot, a la vez que obtenemos información sobre sus sensores.

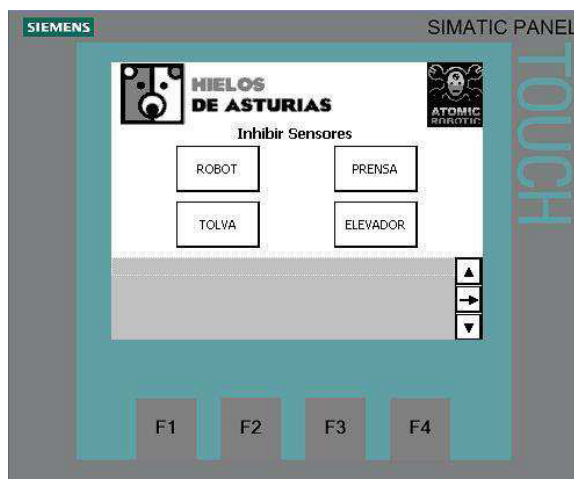


- 1.1.4 Sensores Bandeja. Nos muestra información sobre los 3 sensores que comprueban las bandejas dentro del carro.



## 4. Software Utilizado

1.2 Inhibición. En este menú podremos inhibir algunos sensores de la instalación, de modo que cuando uno de estos se averíe no haya que parar toda la producción, sino que se inhibirá para una posterior reparación. Cuando un sensor es se inhibe, la baliza naranja se pondrá a parpadear para indicar que la instalación se encuentra con sensores inhibidos y es necesaria la intervención para reparar el fallo.



- **Avisos:** Los avisos sirven para visualizar los estados del proceso, así como para registrar y protocolizar en el panel de operador los datos de proceso que se hayan recibido del control. Nuestros avisos se encuentran en la barra inferior de nuestra pantalla y nos muestran todo tipo de errores y advertencias generadas por el autómata.

Texto	Número	Clase	Variable de trigger	Número de bit	Dirección de di...
Imposible iniciar: Los garfios están retraídos.	1	Advertencias	ERRORES	8	M150.0
Imposible iniciar: El robot no está en su posición inicial.	2	Advertencias	ERRORES	9	M150.1
Paro inesperado del robot.	3	Advertencias	ERRORES	10	M150.2
Fallo en robot.	4	Advertencias	ERRORES	11	M150.3
No se detecta carro en el tope.	5	Advertencias	ERRORES	12	M150.4
El carro está mal posicionado.	6	Advertencias	ERRORES	13	M150.5
Bandejas fuera del carro.	7	Advertencias	ERRORES	14	M150.6
Presión Baja	8	Advertencias	ERRORES	15	M150.7
Emergencia seta 1	9	Advertencias	ERRORES	0	M151.0
Emergencia Seta 2	10	Advertencias	ERRORES	1	M151.1
Emergencia Puerta Abierta	11	Advertencias	ERRORES	2	M151.2
Emergencia Barrera	12	Advertencias	ERRORES	3	M151.3
Robot en T1	13	Advertencias	ERRORES	4	M151.4
Robot en T2	14	Advertencias	ERRORES	5	M151.5
Prensa en Manual	15	Advertencias	ERRORES	6	M151.6
error nº16	16	Advertencias	ERRORES	7	M151.7

Figura 4.14. Avisos.

### c) SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DEL ROBOT

En este capítulo se describe la estructura y, de una forma resumida, las instrucciones más importante del programa.

#### *Pantalla de información de programa.*

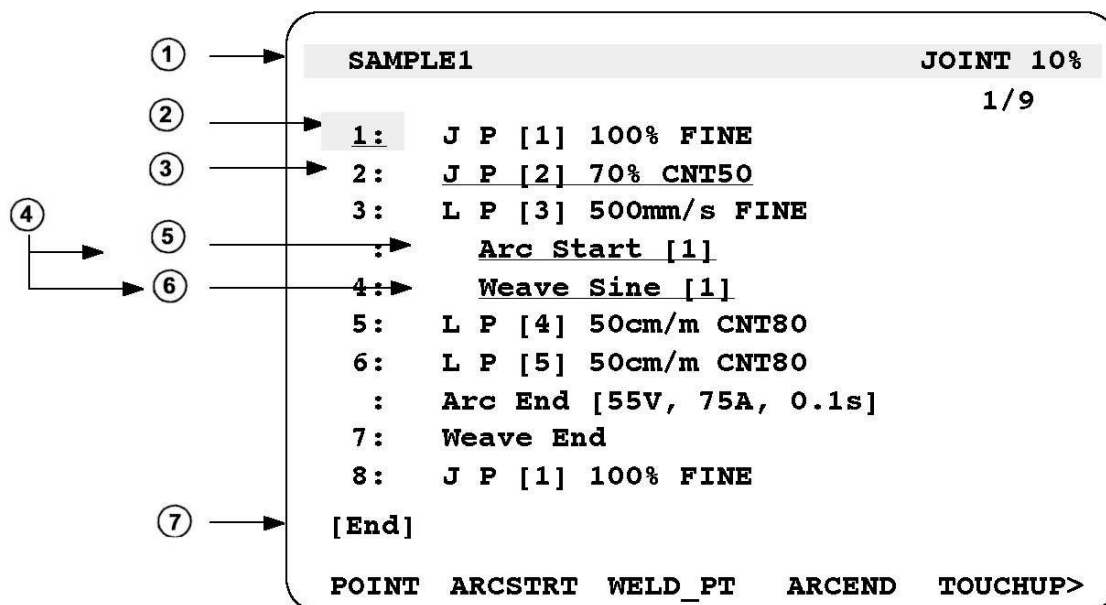
Program detail		JOINT	30 %
		1/6	
Creation Date:	10-MAR-1994		
Modification Date:	11-MAR-1994		
Copy Source:	[*****]		
Positions: FALSE	Size:	312 Byte	
1 Program name:	[SAMPLE3]		
2 Sub Type:	[	None]	
3 Comment:	[SAMPLE PROGRAM 3]		
4 Group Mask:	[1,*,*,*,*]		
5 Write protect:	[	OFF]	
6 Ignore pause:	[	OFF]	
END PREV NEXT			

La información detallada del programa consta de los siguientes datos:

- Datos relacionados con las características: como la fecha de creación, la fecha de modificación, el nombre del archivo de origen, presencia/ausencia de datos de posición y tamaño de los datos del programa.
- Datos relacionados con un entorno de funcionamiento: como el nombre, subtipo, comentarios, pantalla de grupo, protección contra escritura y desactivación de interrupción de un programa.

## 4. Software Utilizado

### Pantalla de edición de programa



1 Nombre del programa	5 Instrucción de programa
2 Número de línea	6 Instrucción de movimiento
3 Instrucción de movimiento	7 Símbolo de fin de programa
4 Instrucción de programa	

Un programa consta de la información siguiente:

- Número de línea asignado a cada instrucción de programa.
- Instrucciones de movimiento que especifiquen cómo y a dónde debe desplazarse el robot.
- Instrucciones de programa incluyendo:
  - Instrucciones para almacenar datos numéricos en registros (instrucciones de registro)
  - Instrucciones para almacenar los datos de posición del robot en registros de posición (instrucciones de registro de posición).
  - Instrucciones de E/S para introducir y mostrar señales desde los dispositivos periféricos.
  - Instrucciones de desviación para modificar el control del flujo de programa cuando se cumple una condición definida (IF, JMP/LBL, CALL/END).

## 4. Software Utilizado

---

- Instrucciones de espera para suspender la ejecución del programa.
  - Omitir la instrucción de condición para manejar el robot hasta recibir una señal. Si no se recibe la señal, se produce una derivación de una instrucción indicada. Si se recibe la señal, se ejecuta la siguiente instrucción y se cancela la operación.
  - Comentarios del programa.
  - Otras instrucciones.
- Símbolo de fin de programa que indica que el programa no contiene más instrucciones

La información detallada del programa se configura en la pantalla de información del programa. Los programas se registran en la pantalla de registro de programas. Los programas se crean y se modifican en la pantalla de edición del programa.

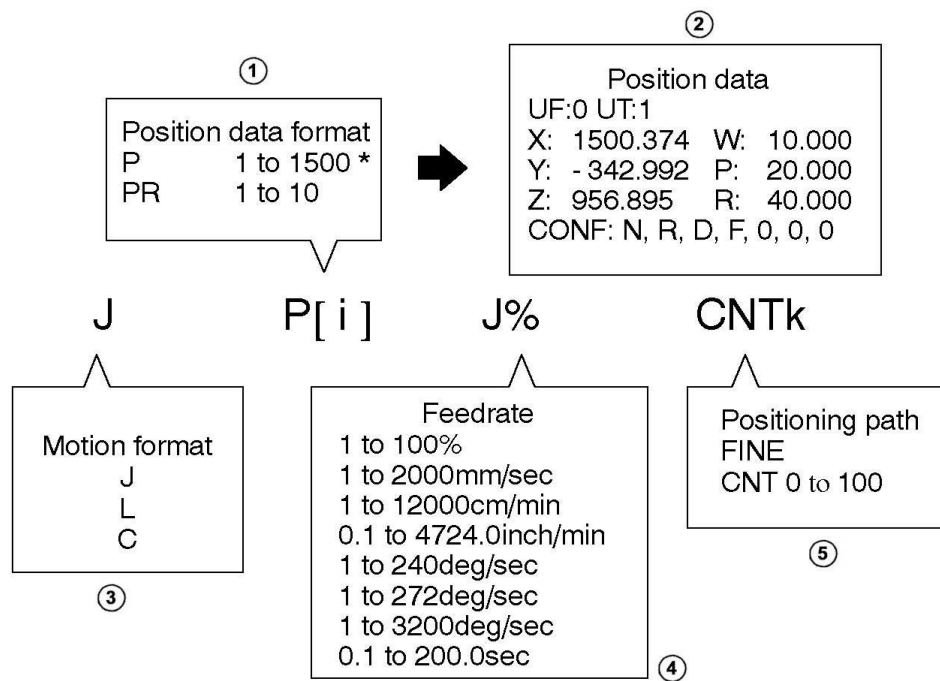
### 1. INSTRUCCIONES DE MOVIMIENTO

Una instrucción de movimiento sitúa una herramienta del robot en un punto determinado dentro de la zona de funcionamiento a una velocidad de suministro especificada y en un modo de desplazamiento especificado. Los siguientes elementos deben indicarse en una instrucción de movimiento.

La figura siguiente muestra el formato de una instrucción de movimiento:

- Formato de movimiento: Indica cómo controlar la trayectoria de movimiento hacia una posición especificada.
- Datos de posición: Programa una posición hacia la que debe desplazarse el robot.
- Velocidad de suministro: Indica la velocidad de suministro del robot.
- Trayectoria de posicionamiento: Indica si se debe situar el robot en un punto especificado.
- Instrucción de movimiento adicional: Indica la ejecución de una instrucción adicional mientras el robot está en movimiento.

## 4. Software Utilizado



1 Formato de los datos de posición	4 Velocidad de suministro
2 Datos de posición	5 Trayectoria de posicionamiento
3 Formato de movimiento	6 * Un número de posición puede ser tan largo como lo permita la capacidad de la memoria.

Al programar una instrucción de movimiento, se selecciona una instrucción de movimiento estándar con una de las teclas F1, F5. Luego se programará o modificará dicha instrucción de movimiento (la explicación está en los apartados posteriores).

Cada tecla tiene su función:

- ❖ F1 (POINT) sirve para programar una instrucción de movimiento.
- ❖ F2 (ARCSTRT) sirve para programar una instrucción de movimiento de arco incluyendo una instrucción de inicio de arco.
- ❖ F3 (WELD\_PT) sirve para programar una instrucción de movimiento que indique movimiento lineal en un punto de soldadura.
- ❖ F4 (ARCSTRT) sirve para programar una instrucción de movimiento de arco incluyendo una instrucción de final de arco.
- ❖ F5 (TOUCHUP) sirve para volver a programar datos de programa ya programados.

## 4. Software Utilizado

---

### 1.1. Formato de movimiento

Para el formato de movimiento, se indica la trayectoria de movimiento hacia una posición especificada.

Hay tres opciones: movimiento articulado, que no controla la trayectoria/la posición y el movimiento lineal y el movimiento circular, que controlan la trayectoria/la posición.

- Movimiento **articulado** (J)
- Movimiento **lineal** (incluido el movimiento de rotación) (L)
- Movimiento **circular** (C)

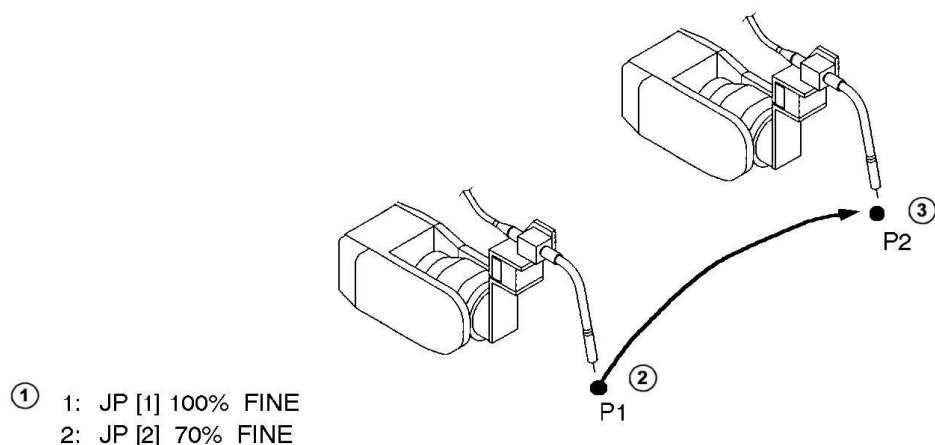
Explicaremos cada uno de estos movimientos.

#### MOVIMIENTO ARTICULADO J

El modo de movimiento articulado es el modo básico para situar el robot en una posición especificada.

El robot aumenta la velocidad a lo largo o hacia todos los ejes, se mueve a una velocidad de suministro específica, reduce la velocidad y se detiene al mismo tiempo.

Normalmente la trayectoria de movimiento es no lineal. El formato de movimiento se especifica para programar un punto límite. Se indica un porcentaje de velocidad máxima de suministro como velocidad de suministro del movimiento articulado. No se controla la posición de un robot en movimiento.



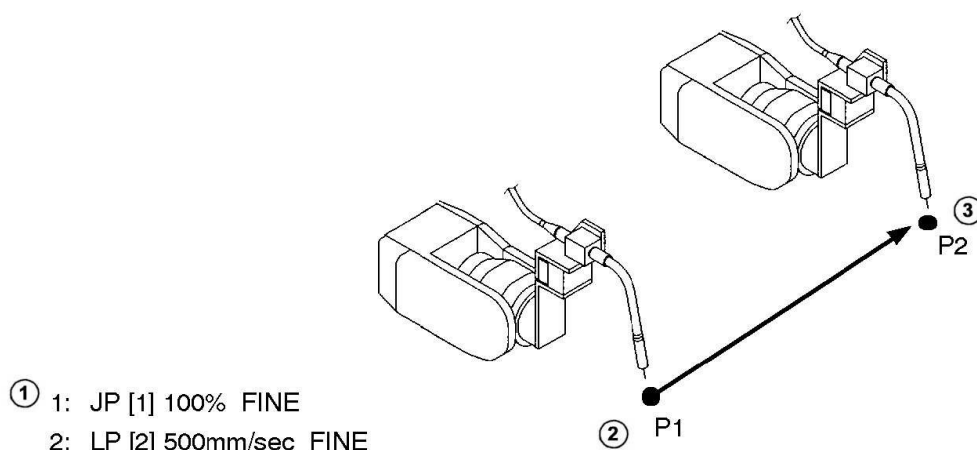
## 4. Software Utilizado

---

### **MOVIMIENTO LINEAL L**

El modo de movimiento lineal controla la trayectoria del movimiento del punto central de la herramienta. Va desde un punto de inicio hasta un punto límite, el punto central de la herramienta se mueve linealmente.

El formato de movimiento se especifica para programar un punto límite. Para la indicación de velocidad de suministro lineal, se debe escoger una opción entre mm/seg, cm/min y pulgadas/min. La posición de una herramienta en movimiento se controla distinguiendo la posición en un punto de inicio de la posición en un punto de destino.



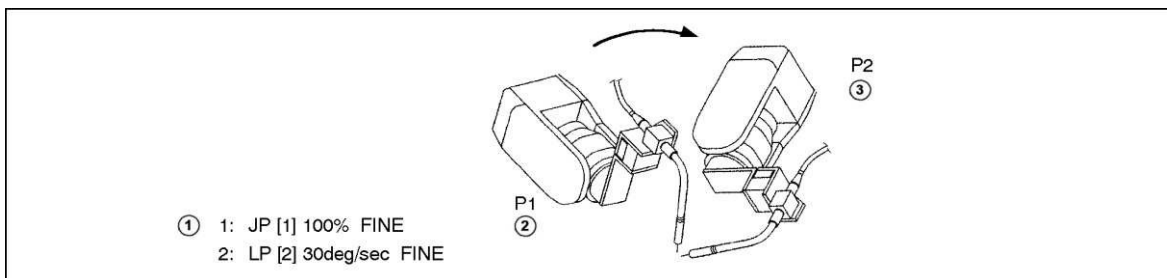
#### **(b) Movimiento lineal rotativo**

El funcionamiento rotativo es un método de desplazamiento con el que la herramienta rota alrededor del punto límite de la herramienta. Va desde la posición de inicio hasta la posición final mediante el funcionamiento lineal. La orientación de la herramienta durante el desplazamiento se controla dividiendo la orientación en la posición de inicio y la de la posición de destino.



## 4. Software Utilizado

---



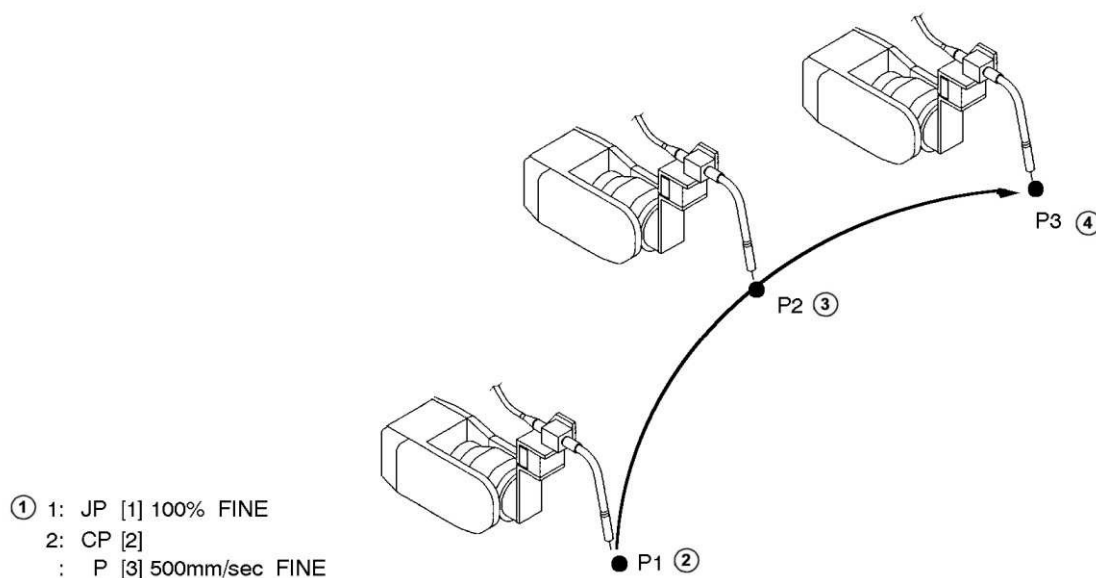
### MOVIMIENTO CIRCULAR C

El modo de movimiento lineal controla la trayectoria del movimiento del punto central de la herramienta desde un punto de inicio hasta un punto límite a través de un punto de paso.

El punto de paso y el punto de destino se programan en una instrucción.

Para indicar la velocidad de alimentación circular, debe escoger una opción entre mm/seg, cm/min y pulgadas/min.

La posición de una herramienta en movimiento se controla distinguiendo la posición en un punto de inicio de la posición en un punto de destino.



## 4. Software Utilizado

---

### 1.2. Datos de posición.

Los datos de posición incluyen las posiciones y posturas del robot. Al programar una instrucción de movimiento, los datos de posición se escriben al mismo tiempo en el programa.

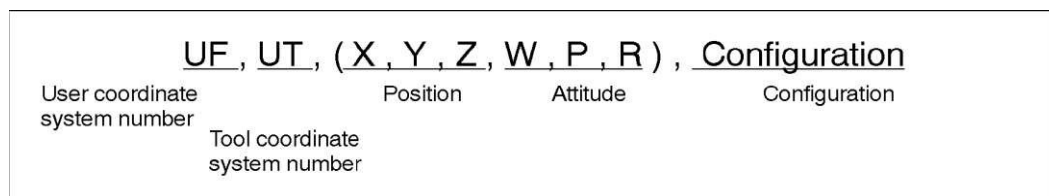
Hay dos tipos de datos de posición. Uno son las coordenadas articulares en un sistema de coordenadas articuladas. El otro consiste en coordenadas cartesianas que representan las posiciones y posturas de la herramienta en el espacio de trabajo. *Los datos de posición estándar se expresan mediante coordenadas cartesianas.*

#### Coordenadas cartesianas

Cuatro elementos definen los datos de posición consistentes en coordenadas cartesianas:

- la posición del punto central de la herramienta (origen del sistema de coordenadas de la herramienta) en un sistema de coordenadas cartesianas.
- la inclinación del eje por el que se desplaza la herramienta (sistema de coordenadas de la herramienta).
- la configuración.
- una coordenada cartesiana empleada.

Un sistema de coordenadas cartesianas puede ser un sistema de coordenadas del entorno.



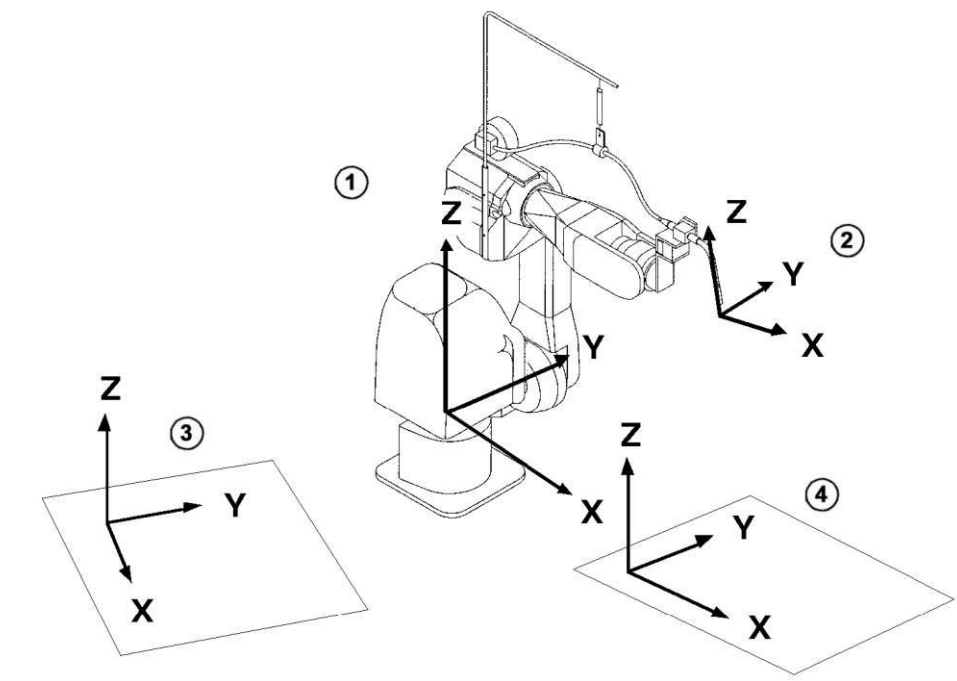
- |   |                        |
|---|------------------------|
| <b>1</b> Sistema de coordenadas del usuario       | <b>4</b> Postura       |
| <b>2</b> Sistema de coordenadas de la herramienta | <b>5</b> Configuración |
| <b>3</b> Posición                                 |                        |

## 4. Software Utilizado

---

La posición  $(x, y, z)$  representa la posición tridimensional del punto central de la herramienta (origen del sistema de coordenadas de la herramienta) en el sistema de coordenadas cartesianas.

La postura  $(w, p, r)$  representa desplazamientos angulares hacia los ejes X, Y y Z en el sistema de coordenadas cartesianas.



**1** Sistema de coordenadas del entorno

**2** Sistema de coordenadas de la herramienta

**3** Sistema de coordenadas del usuario 1

**4** Sistema de coordenadas del usuario 2

## 4. Software Utilizado

### Coordenadas articulares

Los datos de posición consistentes en coordenadas articulares se definen mediante desplazamientos angulares respecto al sistema de coordenadas articuladas de la base de cada articulación.

( J1 , J2 , J3 , J4 , J5 , J6 , E1 , E2 , E3 )

①

②

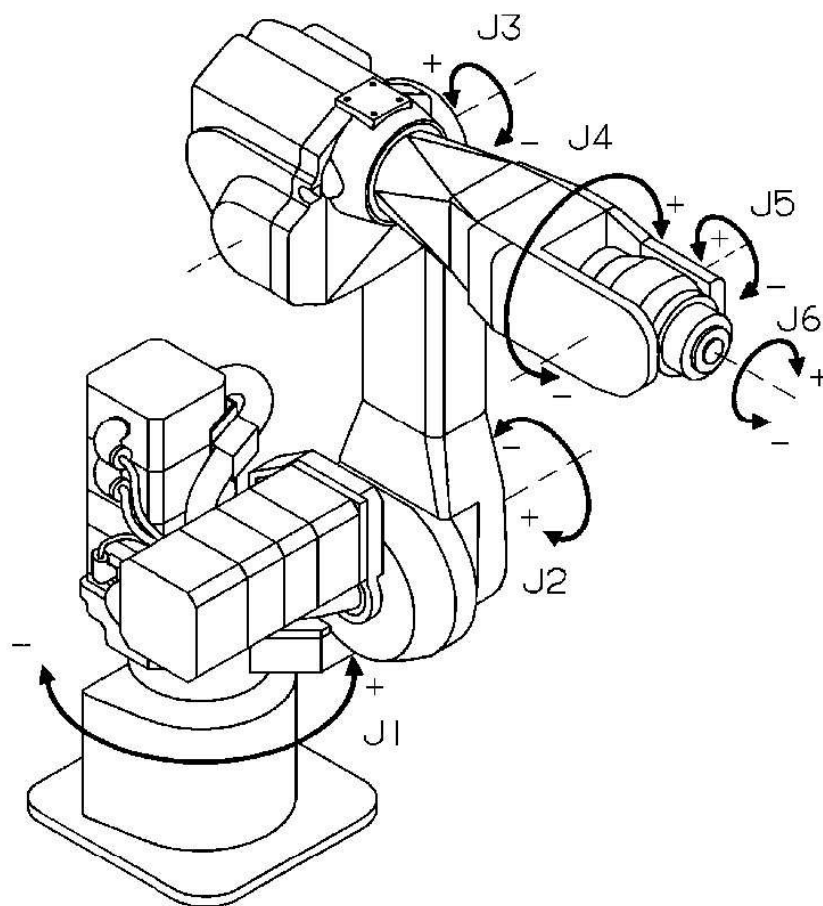
③

1 Eje principal

2 Eje de la muñeca

3 Eje adicional

### Datos de posición coordenadas articuladas

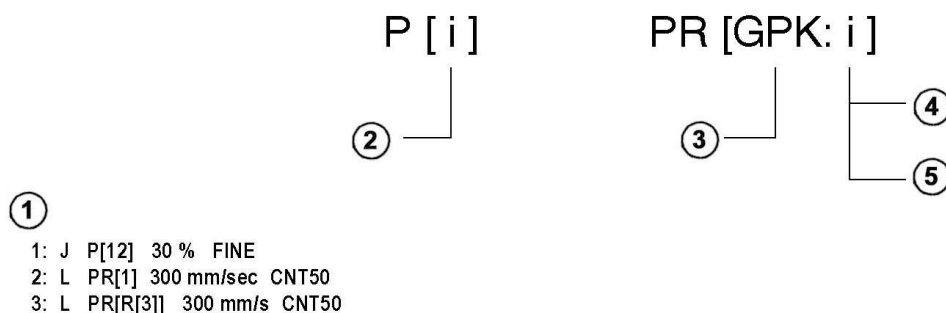


## 4. Software Utilizado

---

### Variable de posición y registro de posición

En una instrucción de movimiento, los datos de posición se representan mediante una variable de posición (P[i]) o un registro de posición (PR[i]). Normalmente, se emplea una variable de posición.



- **Variable de posición**

La variable de posición es la variable que se usa normalmente para almacenar los datos de posición.

Al programar la instrucción de movimiento, los datos de posición se guardan automáticamente.

- **Registro de la posición**

El registro de la posición funciona como un registro de uso general para almacenar los datos de posición.

### 1.3. Trayectoria de posicionamiento

La trayectoria de posicionamiento define cómo concluir el funcionamiento del robot en una instrucción de movimiento.

Hay dos modos de trayectoria de posicionamiento:

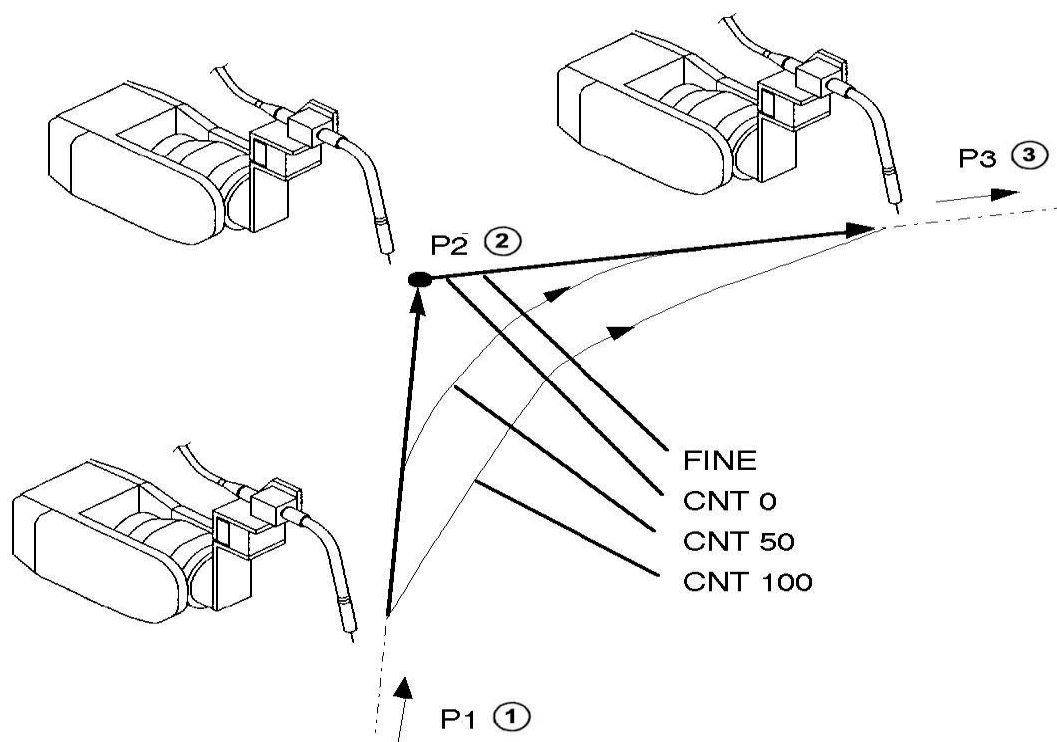
- Trayectoria de posicionamiento **FINE**
- Trayectoria de posicionamiento **CNT**

**Trayectoria de posicionamiento FINE J P[i] 50% FINE** Al indicar la trayectoria de posicionamiento FINE, el robot se detiene en un punto deseado antes de desplazarse hasta el siguiente punto deseado.

**Trayectoria de posicionamiento CNT J P[i] 50% CNT50** Al indicar la trayectoria de posicionamiento CNT, el robot se aproxima a un punto deseado pero no se detiene, y se desplaza hasta el siguiente punto.

Indicando un valor entre **0** y **100** puede definir hasta qué punto el robot debe aproximarse a un punto deseado.

Al indicar **0**, el robot se aproxima lo máximo posible a la posición de destino pero se desplaza al siguiente punto deseado sin detenerse. Al indicar **100**, el robot se desplaza por la trayectoria más alejada del punto deseado, puesto que no reduce su velocidad cerca del punto deseado y rápidamente empieza a desplazarse hasta el siguiente punto deseado.



### 1.4. Velocidad de suministro

La velocidad de suministro indica la velocidad a la que se mueve el robot. Durante la ejecución del programa, el exceso de velocidad de suministro controla la velocidad de suministro. Se puede emplear un exceso de valor de suministro de corriente d 1%-100%.

*La velocidad de desplazamiento programada no puede superar la que permite el robot. Si se programa una velocidad superior, se producirá una alarma.*

La unidad empleada para indicar la velocidad de suministro depende del formato de movimiento programado con una instrucción de movimiento.

## 4. Software Utilizado

---

### ❖ J P[1] 50% FINE

Cuando el tipo de movimiento es articular, se especifica una velocidad de suministro como la siguiente:

- Se debe especificar un porcentaje del 1% al 100% de la velocidad de suministro máxima.
- Cuando la unidad sea seg, indique el valor de 0.1 a 3200 seg como tiempo para el movimiento. Esta indicación es necesaria cuando el tiempo para el movimiento es importante.

### ❖ L P[1] 100mm/sec FINE

Si el formato de movimiento especificado es movimiento lineal o circular, especifique una velocidad de suministro de la siguiente manera:

- Cuando la unidad sea mm/seg, indique una velocidad de suministro de entre 1 y 2000 mm/seg.
- Cuando la unidad sea mm/seg, indique una velocidad de suministro de entre 1 y 12000 cm/min.
- Cuando la unidad sea pulgadas/min, indique una velocidad de suministro de entre 0.1 y 4724.4 pulgadas/min.
- Cuando la unidad sea seg, indique el valor de 0.1 a 3200 seg como tiempo para el movimiento.

### ❖ L P[1] 50deg/sec FINE

Cuando el modo de movimiento es la rotación alrededor del punto central de la herramienta, indique un desplazamiento angular de la siguiente manera:

- Cuando la unidad sea grados/seg, indique un desplazamiento angular de 1 a 272 grados/seg.
- Cuando la unidad sea seg, indique el valor de 0.1 a 3200 seg como tiempo para el movimiento.
- Cuando la unidad sea mseg, indique el valor de 1 a 3200 mseg como tiempo para el movimiento.



## 4. Software Utilizado

### 1.5. Instrucciones de movimiento adicionales

Una instrucción de movimiento adicional obliga al robot a hacer una tarea determinada. Hay las siguientes instrucciones de movimiento adicionales:

- Instrucción de movimiento articular de la muñeca (Wjnt)
- Instrucción de exceso de aceleración (ACC)
- Instrucción de omisión (Skip,LBL[i])
- Instrucción de condición de desviación (Offset)
- Condición de desviación directa (Offset, PR[i])
- Instrucción de desviación de la herramienta (Tool\_Offset)
- Instrucción de desviación de la herramienta directa (Tool\_Offset, PR[i])
- Instrucción de incremento (INC)
- Instrucción de EV simultánea (EV i%)
- Instrucción de EV independiente (Ind.EV i%)
- Instrucción de trayectoria (PTH)
- Instrucción de pre-ejecución (pre-ejecución/post-ejecución)
- Instrucción de soldadura por arco

Al programar una instrucción de movimiento adicional, sitúe el cursor tras la instrucción de movimiento y pulse F4 (CHOICE) para visualizar la lista de instrucciones de movimiento adicionales.

Seleccione una instrucción de movimiento adicional.

<div>JOINT 30% 4/5</div> <div>500mm/sec CNT10</div> <div>CHOICE</div>	<div>Motion ModifyJOINT 30%</div> <table><tr><td>1 No option</td><td>5 Incremental</td></tr><tr><td>2 Wrist Joint</td><td>6 Skip,LBL[ ]</td></tr><tr><td>3 Offset</td><td>7</td></tr><tr><td>4 Offset.PR[ ]</td><td>8</td></tr></table> <div>PROGRAM1</div>	1 No option	5 Incremental	2 Wrist Joint	6 Skip,LBL[ ]	3 Offset	7	4 Offset.PR[ ]	8
1 No option	5 Incremental								
2 Wrist Joint	6 Skip,LBL[ ]								
3 Offset	7								
4 Offset.PR[ ]	8								

F4

### 2. INSTRUCCIONES DE REGISTRO

Las instrucciones de registro llevan a cabo operaciones aritméticas en los registros. Hay las siguientes instrucciones de registro:

Instruction		JOINT 30%
1 Registers	5 JMP/LBL	
2 I/O	6 CALL	
3 IF/SELECT	7 Palletizing	
4 WAIT	8 ---next page---	
PROGRAM		

- Instrucciones de registro
- Instrucciones de registro de posición
- Instrucciones de eje de registro de posición

En las operaciones de registro, son posibles las operaciones polinómicas siguientes:

1:R[2]=R[3]-R[4]+R[5]-R[6]

2:R[10]=R[2]\*[100/R[6]

3:R [2]=R[3]+R[4]+R[5]+R[6]+R[7]+R[8]

*Se pueden combinar los operadores "+" y "-" en una sola línea. Lo mismo sucede con los operadores "\*" y "/" sin embargo, "+" y "-" no se pueden combinar con "\*" y "/".*

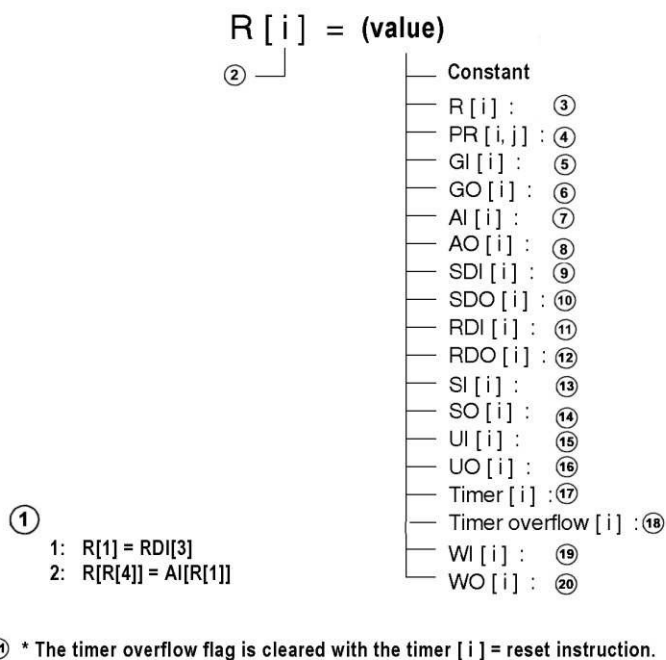
#### 4. Software Utilizado

### 2.1. Instrucciones de registro:

Una instrucción de registro lleva a cabo una operación aritmética en los registros. Un registro es una variable para almacenar un número entero o un decimal.

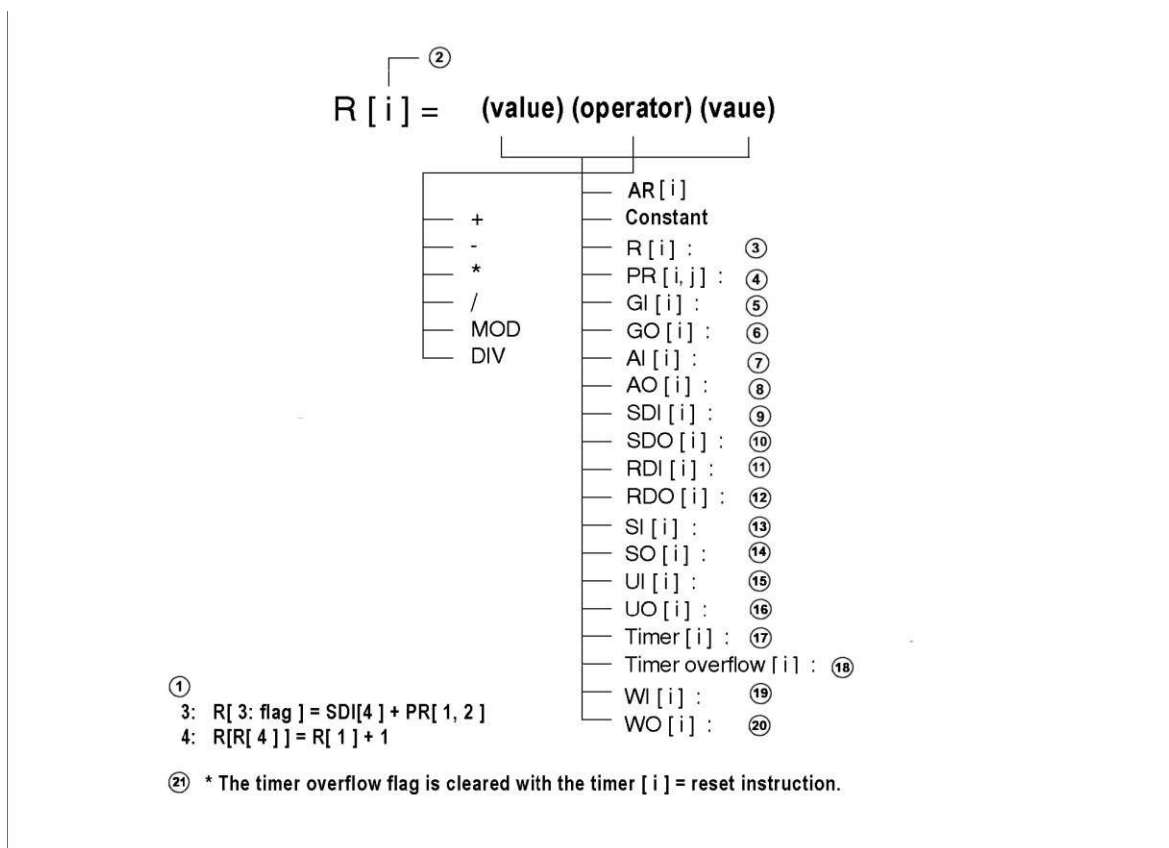
**Hay doscientos registros.**

**R[i] = VALOR**



## 4. Software Utilizado

**R[i] = VALOR (operador) VALOR**



- |   |   |
|---|---|
| <b>1</b> Ejemplo:                               | <b>12</b> Señal de salida digital del robot   |
| <b>2</b> Número de registro de posición (1-200) | <b>13</b> Señal de entrada del panel de operación   |
| <b>3</b> Valor de R[ i ]                        | <b>14</b> Señal de salida del panel de operación  |
| <b>4</b> Valor de registro de posición [ i, j ] | <b>15</b> Señal de entrada de dispositivo periférico  |
| <b>5</b> Señal de entrada de grupo 1            | <b>16</b> Señal de salida de dispositivo periférico   |
| <b>6</b> Señal de salida de grupo               | <b>17</b> Valor del temporizador del programa [ i ]   |
| <b>7</b> Señal de entrada analógica             | <b>18</b> Sobrecarga del temporizador [ i ]:  |
| <b>8</b> Señal de salida analógica              | <b>19</b> Señal de entrada de soldadura   |
| <b>9</b> Señal de entrada digital del sistema   | <b>20</b> Señal de salida de soldadura  |
| <b>10</b> Señal de salida digital del sistema   | <b>21</b> * La indicación de sobrecarga del temporizador se elimina con la instrucción timer [ i ] = reset. |
| <b>11</b> Señal de entrada digital del robot    |   |

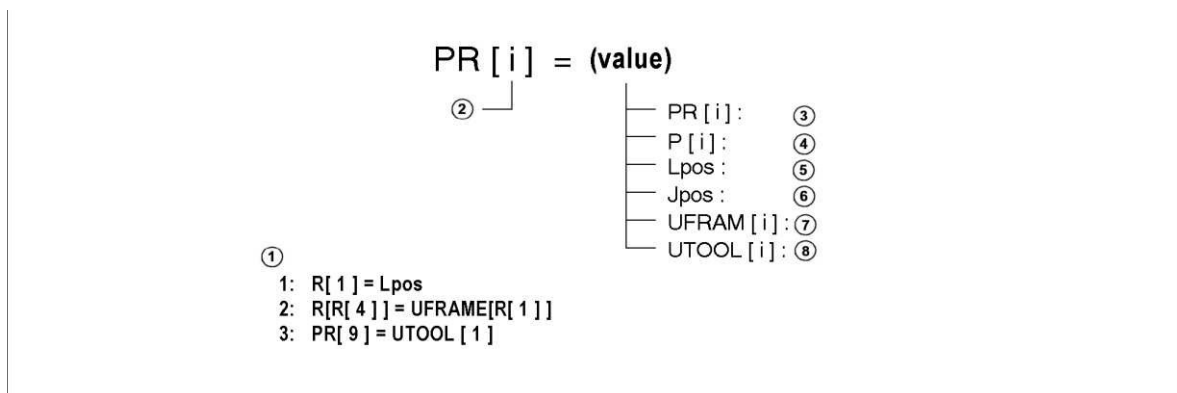
### 2.2. Instrucciones de registro de posición

Una instrucción de registro de posición lleva a cabo una operación aritmética en los registros de posición. Una instrucción de registro de posición puede cargar los datos de posición, la suma o la diferencia entre dos valores en un registro de posición especificado.

Estas instrucciones tienen el mismo formato que una instrucción de registro. Un registro de posición es una variable para almacenar los datos de posición (x, y, z, w, p, r).

**Hay cien registros de posición.**

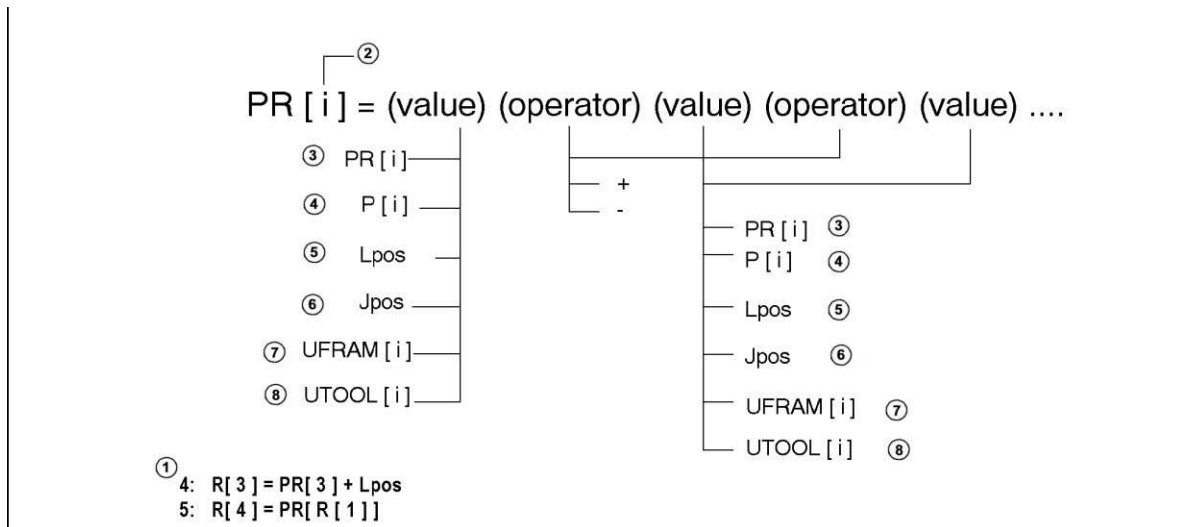
**PR[i] = VALOR**



<b>1</b> Ejemplo:	<b>5</b> Coordenadas cartesianas de la posición actual
<b>2</b> Nº de registro de posición (1-100)	<b>6</b> Coordenadas articulares de la posición actual
<b>3</b> Valor del registro de posición [ i ]	<b>7</b> Valor del sistema de coordenadas del usuario [ i ]
<b>4</b> Valor de la posición [ i ] especificada en el programa	<b>8</b> Valor del sistema de coordenadas de la herramienta [ i ]

## 4. Software Utilizado

**PR[i] = VALOR +/- VALOR**

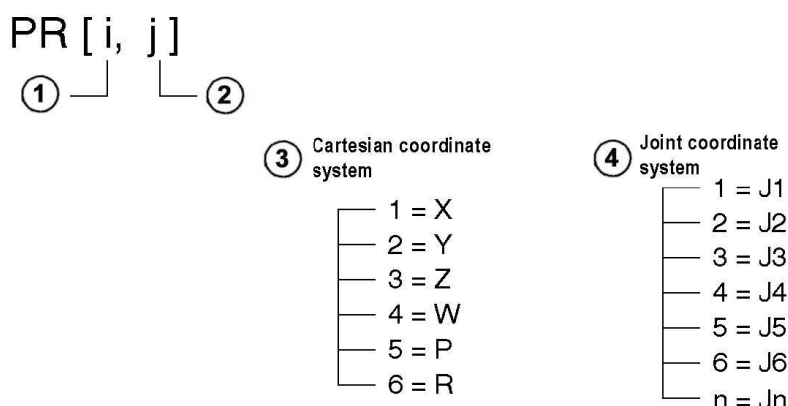


<b>1</b> Ejemplo:	<b>5</b> Coordenadas cartesianas de la posición actual
<b>2</b> Nº de registro de posición (1-100)	<b>6</b> Coordenadas articulares de la posición actual
<b>3</b> Valor del registro de posición [ i ]	<b>7</b> Valor del sistema de coordenadas del usuario [ i ]
<b>4</b> Valor de la posición [ i ] especificada en el programa	<b>8</b> Valor del sistema de coordenadas de la herramienta [ i ]

### 2.3. Instrucciones de eje de registro de posición

Una instrucción de eje de registro de posición efectúa una operación aritmética en los elementos de registro de posición.  $i$  of  $PR[i,j]$  representa un número de registro de posición, mientras que  $j$  of  $PR[i,j]$  representa un número de elemento de registro de posición.

Las instrucciones del eje del registro de posición pueden cargar el valor de un elemento con los datos de posición, o la suma, la diferencia, el producto o el cociente de dos valores en un elemento de registro de posición especificado.



<b>1</b> Número de registro de posición (1-100)	<b>3</b> Sistema de coordenadas cartesianas
<b>2</b> Número de elemento registro de posición articulares	<b>4</b> Sistema de coordenadas

Una instrucción de eje de registro de posición tiene el mismo formato que una instrucción de registro.

### 3. INSTRUCCIONES DE E/S

Las instrucciones de E/S (señal de entrada/salida) sirven para cambiar el estado de una señal mostrada a los dispositivos periféricos y leer el estado de una señal de entrada.

Instruction		JOINT 30%
1 Registers	5 JMP/LBL	
2 I/O	6 CALL	
3 IF/SELECT	7 Palletizing	
4 WAIT	8 ---next page---	
PROGRAM		

Hay diferentes tipos de instrucciones de entradas y salidas:

- Instrucción de E/S digital (sistema)
- Instrucción de E/S del robot (digital)
- Instrucción de E/S analógica
- Instrucción de E/S de grupo

Pasaremos a explicar las más importantes y las más utilizadas en nuestro programa.

#### 3.1. Instrucciones de E/S digital

La señal de entrada digital (ED) y la señal de salida digital (SD) son señales de entrada/salida que puede controlar el usuario.

$$R[i] = DI[i]$$

La instrucción  $R[i] = DI[i]$  carga el estado de una señal de entrada digital (on = 1/off = 0) en un registro especificado.



## 4. Software Utilizado

---

$$\begin{array}{c} R[i] = DI[i] \\ \textcircled{2} \quad \quad \quad \textcircled{3} \\ \textcircled{1} \quad 1: R[1] = DI[1] \\ \quad \quad 2: R[R[3]] = DI[R[4]] \end{array}$$

1 Ejemplo

2 Número de registro (1-200)

3 Número de señal de entrada digital

**SDO[i] = ON/OFF**

La instrucción SDO[i] = ON/OFF activa o desactiva una señal de salida digital especificada.

---

$$\begin{array}{c} DO[i] = (\text{value}) \\ \textcircled{2} \quad \quad \quad \begin{array}{l} \text{ON: } \textcircled{3} \\ \text{OFF: } \textcircled{4} \end{array} \\ \textcircled{1} \quad 3: SDO[1] = \text{ON} \\ \quad \quad 4: SDO[R[3]] = \text{OFF} \end{array}$$

1 Ejemplo

2 Número de señal de salida digital

3 Activa la señal de salida digital.

4 Desactiva la señal de salida digital.

## 4. Software Utilizado

---

**SDO[i] = PULSE,[TIME]**

La instrucción SDO[i] = PULSE, [TIME] invierte el estado actual de una salida digital especificada para que tenga una duración particular.

**SDO [ i ] = PULSE, (value)**

② ————— ③

① 5: SDO[1] = PULSE  
6: SDO[2] = PULSE, 0.2sec  
7: SDO[ R[3] ] = PULSE, 1.2sec

1 Ejemplo	3 Longitud de la pulsación (seg) de 0,1 a 25,5
2 Número de señal de salida digital	

**SDO[i] = R[i]**

La instrucción SDO[i]=R[i] activa o desactiva una señal de salida digital especificada según el valor de un registro especificado. Cuando es 0, se desactiva la señal de salida digital y cuando no es 0, se activa.

---

**SDO [ i ] = R [ i ]**

② ————— ③

① 7: SDO[1] = R[2]  
8: SDO[ R[5] ] = R [ R[1] ]

1 Ejemplo	3 Número de registro (1-200)
2 Número de señal de salida digital	

## 4. Software Utilizado

### 3.2. Instrucciones de E/S del robot

La señal de entrada del robot (RDI) y la señal de salida del robot (RDO) son señales de entrada/salida que puede controlar el usuario.

$$SR[i] = RI[i]$$

La instrucción  $R[i] = RI[i]$  carga el estado de una señal de entrada del robot (on = 1/off = 0)

$$R[i] = RDI[i]$$

②      ③

- ① 1:  $R[1] = RDI[1]$   
2:  $R[R[3]] = RDI[R[4]]$

1 Ejemplo	3 Número de señal de entrada del robot
2 Número de registro (1-32)	

$$RDO[i] = ON/OFF$$

La instrucción  $ROD[i] = ON/OFF$  activa o desactiva una señal de salida digital del robot especificada.

$$RDO[i] = (value)$$

②      ON: ③  
OFF: ④

- ① 3:  $RDDO[1] = ON$   
4:  $RDDO[R[3]] = OFF$

1 Ejemplo	3 Activa la señal de salida del robot.
2 Número de señal de salida del robot	4 Desactiva la señal de salida del robot.

## 4. Software Utilizado

**RDO[i] = PULSE,[TIME]**

La instrucción RDO[i] = PULSE,[TIME] invierte el estado actual de una salida digital especificada para que tenga una duración particular.

**RDO [ i ] = PULSE, [ WIDTH ]**



① 5: RDO[1] = PULSE  
6: RDO[2] = PULSE, 0.2sec  
7: RDO[ R[3] ] = PULSE, 1.2sec

1 Ejemplo	3 Longitud de la pulsación (seg) de 0,1 a 25,5
2 Número de señal de salida del robot	

**RDO[i] = R[i]**

La instrucción RDO[i]=R[i] activa o desactiva una señal de salida del robot especificada según el valor de un registro especificado; cuando es 0, se desactiva la señal de salida del robot y cuando el valor del registro especificado no es 0, se activa.

**RDO [ i ] = R [ i ]**



① 7: RDO[1] = R[2]  
8: RDO[ R[5] ] = R[ R[1] ]

1 Ejemplo	3 Número de registro (1-200)
2 Número de señal de salida del robot	

### 4. INSTRUCCIONES DERIVADAS

Una instrucción derivada provoca una derivación de una línea de un programa a otra. Hay cuatro tipos de instrucciones derivadas:

- Instrucción de indicación
- Instrucción de fin de programa
- Instrucción de derivación condicional
- Instrucción de derivación incondicional

#### 4.1. Instrucción de indicación

##### **LABEL[i]**

La instrucción de indicación (LBL[i]) sirve para indicar el destino de una derivación de ejecución de programa.

Instruction		JOINT 30%
1 Registers	5 JMP/LBL	
2 I/O	6 CALL	
3 IF/SELECT	7 Palletizing	
4 WAIT	8 ---next page---	
PROGRAM		

---

Se puede añadir un comentario para explicar una indicación.

**LBL [ i : Comment ]**

② ———— ③

① 1: LBL[1]  
2: LBL[ R[3] 1

### 4.2. Instrucción de fin de programa

#### END

La instrucción de fin de programa indica el fin de un programa. Mediante esta instrucción se finaliza la ejecución de un programa. Si se llama a un programa desde otro programa principal, el programa principal vuelve a ejercer el control.

### 4.3. Instrucciones de derivación incondicional

En todos los casos, una instrucción de variación incondicional provoca una derivación de una línea a otra en el mismo programa. Hay dos tipos de instrucciones derivadas incondicionales:

- **Instrucción de omisión:** Provoca una derivación hacia una indicación o programa determinado.
- **Instrucción de llamada de programa:** Provoca una derivación hacia otro programa.

#### Instrucción de omisión JMP LBL[i]

La instrucción JMP LBL[i] cede el control del programa a una indicación específica.

JMP LBL [ i ]

└─ ②

① 3 : JMP LBL[2:hand open]  
4 : JMP LBL[ R[4] ]

---

## 4. Software Utilizado

### Instrucción de llamada de programa CALL (programa)

La instrucción CALL (programa) cede el control del programa a otro programa (subprograma) para ejecutarlo. Al ejecutar la instrucción de fin de programa (END) en el subprograma, continuará la ejecución del programa con la instrucción inmediatamente posterior a la instrucción de llamada CALL.

## CALL ( Program )

①      5: CALL SUB1  
         6: CALL PROGRAM2

②

### 4.4. Instrucciones derivadas condicionales

Una instrucción derivada condicional provoca una derivación de una ubicación de un programa a otra cuando se cumplen algunas condiciones. Hay dos tipos de instrucciones derivadas condicionales:

Instruction		JOINT 30%
1 Registers	5 JMP/LBL	
2 I/O	6 CALL	
3 IF/SELECT	7 Palletizing	
4 WAIT	8 ---next page---	
PROGRAM		

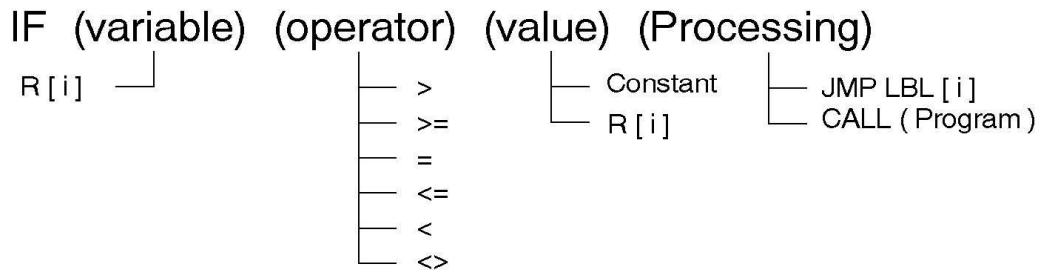
- **Instrucción de comparación condicional:** Provoca una derivación hacia una etiqueta o un programa especificado cuando se cumplen varias condiciones. Existen la instrucción de comparación condicional de registro y la instrucción de comparación condicional de E/S.
- **Instrucción de selección condicional:** Provoca una derivación hacia una instrucción de omisión especificada o una instrucción de llamada de subprograma según el valor de un registro.

## 4. Software Utilizado

---

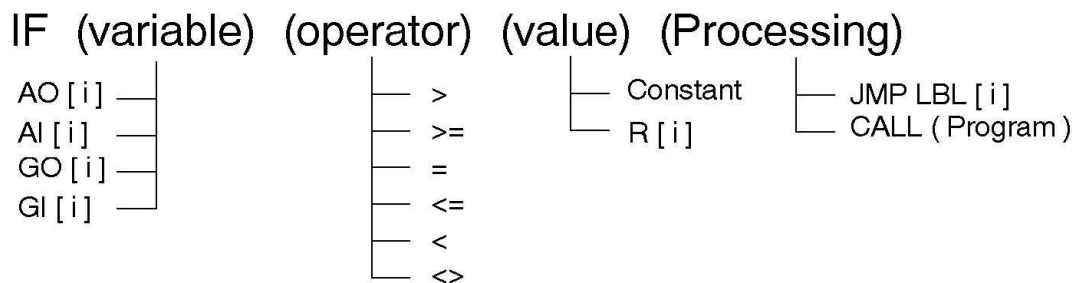
### Instrucción de comparación condicional de un registro IF R[i]

Una instrucción de comparación condicional de registro compara el valor guardado en un registro con otro valor y, cuando se cumple la condición de comparación, lleva a cabo el procesamiento.



### Instrucción de comparación condicional de E/S IF (E/S)

La instrucción de comparación condicional de E/S compara el valor de una señal de entrada/salida con otro valor. Cuando se cumple la condición de comparación, se ejecuta el procesamiento especificado.



Example      7: IF R[1] = R[2], JMP LBL[1]  
              8: IF AO[2] >= 3000, CALL SUBPRO1  
              9: IF GI[ R[2] ] = 100, CALL SUBPRO2

---



## 4. Software Utilizado

IF (variable)	(operator)	(value)	(Processing)
SDO [ i ]	= <>	ON	JMP LBL [ i ] CALL ( Program )
SDI [ i ]		OFF	
RDO [ i ]		SDO [ i ]	
RDI [ i ]		SDI [ i ]	
SO [ i ]		RDO [ i ]	
SI [ i ]		RDI [ i ]	
UO [ i ]		SO [ i ]	
UI [ i ]		SI [ i ]	
WO [ i ]		UO [ i ]	
WI [ i ]		UI [ i ]	
		WO [ i ]	
		WI [ i ]	
		R [ i ] : 0 = Off, 1 = On	

Example      10: IF RO[2] <> OFF, JMP LBL[1]  
                 11: IF DI[3] = ON, CALL SUB1

En una instrucción derivada condicional, se pueden indicar varias condiciones en una sola línea en la instrucción de condición, *mediante los operadores lógicos ("and" y "or")*.

### Formato de la instrucción

- Producto lógico (and)  
IF <condition 1> and <condition 2> and <condition 3>, JMP LBL [3]
- Suma lógica (or)  
F <condition 1> or <condition 2>, JMP LBL [3]

*Si se emplean a la vez los operadores "and" (producto lógico) y "or" (suma lógica), la lógica se hace compleja, afectando la legibilidad del programa y la facilidad de edición. Es por ello que esta función prohíbe el uso simultáneo de los operadores lógicos "and" y "or".*

Se pueden combinar hasta cinco condiciones con los operadores "and" o "or".

IF <condition 1> and <condition 2> and <condition 3> and <condition 4> and <condition 5>, JMP LBL [3]

## 4. Software Utilizado

---

### Instrucción de selección condicional:

**SELECT R[i] = (value) (processing) = (value) (processing) ELSE (processing)**

La instrucción de selección condicional consta de varias instrucciones de comparación de registro. La instrucción compara el valor de un registro con uno o más valores y selecciona una instrucción que cumpla con la condición de comparación.

- Si el valor de un registro especificado coincide con un valor, se ejecuta la instrucción.
- Si el valor de un registro especificado no coincide con ningún valor, se ejecuta la instrucción correspondiente a ELSE.

SELECT R [ i ]    = (value)    (Precessing)  
                  ② └       = (value)    (Precessing)  
                             = (value)    (Precessing)  
                             ELSE       ┌ Constant       ┌ JMP LBL [ i ]  
   └ R [ i ]       └ CALL ( Program )

① 11: SELECT R[1] = 1, JMP LBL[1]  
12:       = 2, JMP LBL[2]  
13:       = 3, JMP LBL[2]  
14:       = 4, JMP LBL[2]  
15:       ELSE, CALL SUB2

---

## 5. INSTRUCCIONES DE ESPERA

Una instrucción de espera sirve para detener la ejecución del programa por un espacio de tiempo determinada o hasta que se cumpla una condición. Al ejecutar una instrucción de espera, *el robot no lleva a cabo ninguna acción*. Hay dos tipos de instrucciones de espera:

Instruction		JOINT 30%
1 Registers	5 JMP/LBL	
2 I/O	6 CALL	
3 IF/SELECT	7 Palletizing	
4 WAIT	8 ---next page---	
PROGRAM		

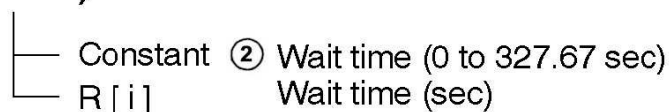
- **Instrucción de espera de tiempo especificado:** Detiene la ejecución del programa durante un espacio de tiempo especificado.
- **Instrucción de espera condicional:** Detiene la ejecución del programa hasta que se cumple una condición especificada o se agota un espacio de tiempo especificado.

### 5.1. Instrucción de espera de tiempo especificado

#### WAIT (TIME)

La instrucción de espera de tiempo especificado detiene la ejecución del programa durante un espacio de tiempo especificado (en segundos).

#### WAIT (value)



- ① 1: WAIT  
2: WAIT 10.5sec  
3: WAIT R[1]
-

### 5.2. Instrucciones de espera condicionales

#### WAIT (condition) (processing)

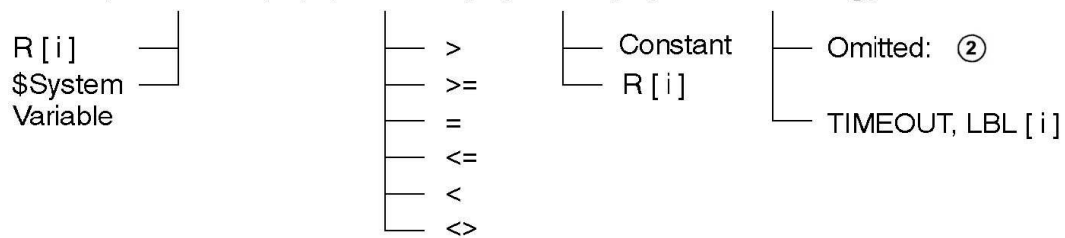
Una instrucción de espera condicional detiene la ejecución del programa hasta que se cumple una condición especificada o se agota un espacio de tiempo especificado.

#### Instrucción de espera condicional de registro.

La instrucción de espera condicional de registro compara el valor de un registro con otro valor y espera a que se cumpla la condición de comparación.

---

#### WAIT (variable) (operator) (value) (Processing)



① 3: WAIT R[2] <> 1, TIMEOUT LBL[1]  
4: WAIT R[ R[1] ] > = 200

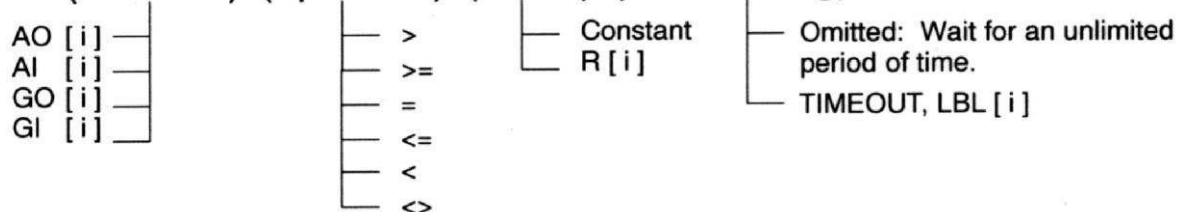
---

## 4. Software Utilizado

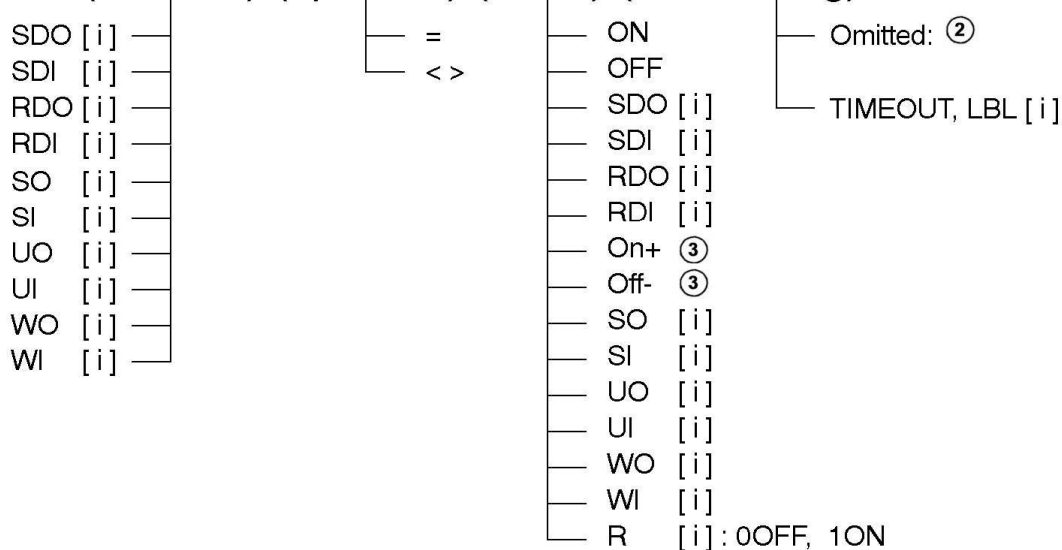
### Instrucción de espera condicional de E/S

La instrucción de espera condicional de E/S compara el valor de una señal de entrada/salida con otro valor y espera a que se cumpla la condición de comparación.

#### WAIT (variable) (operator) (value) (Processing)



#### WAIT (variable) (operator) (value) (Processing)



- ① 5: WAIT SDI[2] <> OFF, TIMEOUT LBL[1]  
6: WAIT RDI[ R[1] ] = R[1]

## 4. Software Utilizado

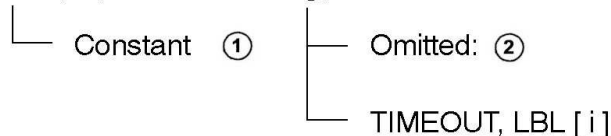
---

### Instrucción de espera de condición de error

La instrucción de espera de la condición de error espera que se produzca una alarma con un número de error especificado.

---

**WAIT ERR\_NUM=(Value) (Processing)**



### Formato de la instrucción

- Producto lógico (and)  
WAIT <condition 1> and <condition 2> and <condition 3>
- Suma lógica (or)  
WAIT <condition 1> or <condition 2> or <condition 3>

Si se emplean a la vez los operadores "and" (producto lógico) y "or" (suma lógica), la lógica se hace compleja, afectando la legibilidad del programa y la facilidad de edición. En una sola línea, se pueden combinar hasta cinco condiciones con los operadores "and" o "or".

### Ejemplo

**WAIT <condition 1> and <condition 2> and <condition 3> and <condition 4> and <condition 5>**

## 6. INSTRUCCIÓN DE CONDICIÓN DE OMISIÓN

La instrucción de condición de omisión indica por adelantado una condición de omisión (condición para ejecutar una instrucción de omisión) que se usa con una instrucción de omisión. Antes de poder ejecutar una instrucción de omisión, debe ejecutar una instrucción de condición de omisión. Una vez indicada, una condición de omisión es válida hasta completar la ejecución del programa o ejecutar la siguiente instrucción de condición de omisión.

**Apartado 5:**

**TRABAJO**

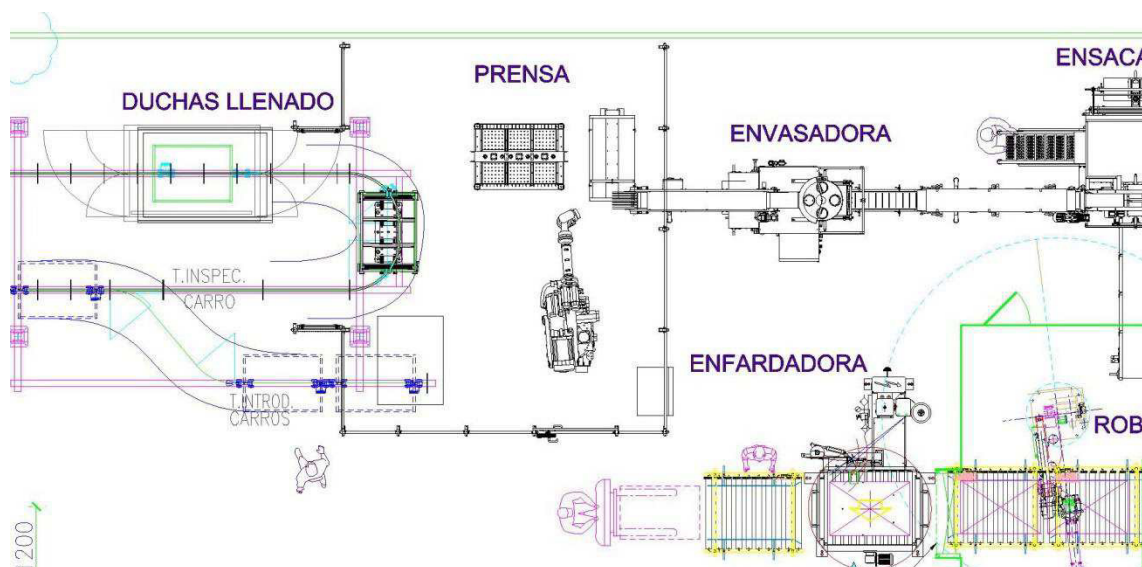
**REALIZADO**

### a) CONSIDERACIONES SOBRE EL MONTAJE DEL PROCESO

Toda instalación necesita un periodo de pruebas y ajustes para que su funcionamiento sea óptimo; sumado al transporte y el montaje nos da un intervalo de tiempo que el empresario no está dispuesto a asumir.

La fábrica, HIELOS DE ASTURIAS, en la que está proyectada nuestra instalación solo tiene una línea de producción, y el empresario no puede dejar de producir tanto tiempo, por eso nos vemos obligados a montar, programar, mejorar,... todo en nuestra empresa antes de trasladarlo a Asturias.

Lo primero es pintar sobre el suelo la ubicación real que va a llevar cada dispositivo, siguiendo las medidas del LAYOUT de la instalación. Para ello utilizamos cintas adhesivas.



Layout de la instalación Hielos de Asturias



## 5. Trabajo Realizado

---

Una vez dibujado todo el perímetro de la instalación, se fueron colocando con ayuda de un toro mecánico todos los elementos pesados de la instalación. Lo primero que se colocó fue el robot (en la postura de transporte); anclándolo con espирros de 16 $\varnothing$ mm y 200mm de longitud. Para ello se utilizó una HILTI y una broca de 600mm de largo de 16 $\varnothing$ mm, sustrayendo la arena del agujero con aire comprimido.

Una vez el robot esté fijo se colocaron los otros elementos pesados de la instalación, como son el elevador de carros, la prensa de bandejas, el grupo hidráulico, el cuadro del robot, las barreras materiales (montándolas según el manual de TROAX) con el anclaje de la puerta, las barreras inmateriales...

Damos corriente al cuadro del Robot para comprobar los anclajes y para ir dando cuerpo a la instalación.



*Foto de la instalación montada en la nave de Atomic Robotic*

## 5. Trabajo Realizado

---



***Cuadro del Robot***

El siguiente paso a seguir es montar sobre un palet la MORDAZA empezando por los perfiles y el conjunto de piezas de acero inoxidable. Añadiendo sensores, cilindros,... y todo el tubeado y cableado. Lo último por poner en la mordaza es el implemento que une el Robot y la mordaza.



***Foto de la instalación posicionada en Hielos de Asturias***

## 5. Trabajo Realizado

---

Colocamos el Robot en una posición accesible para nosotros; y terminamos la acometida de la mordaza acomodando sobre el brazo del Robot la acometida de aire y cables de comunicación del Robot con la Mordaza.



Alimentación  
cilíndro sin vástago

Repartidor  
E/S Robot

**Foto de la mordaza**

Cuando tengamos la mordaza terminada comprobamos cada una de las señales considerando posibles fallos y fugas.

Ahora bien, alojamos los las bandejas portacables en las vallas de seguridad, orientamos todos las fotocélulas y las barreras, emplazamos las electroválvulas y demás accesorios y cableamos cada uno de los dispositivos.

*Tanto las barreras como todos los sistemas de seguridad se dejaran sin cablear para poder reiniciar el sistema con más fluidez y para facilitar el trabajo.*

Una vez cableado todos los sensores, válvulas y demás dispositivos, comprobaremos uno a uno si en el autómatas se perciben las señales E/S correctamente, si las fotocélulas están bien enfocadas conectadas...



## 5. Trabajo Realizado

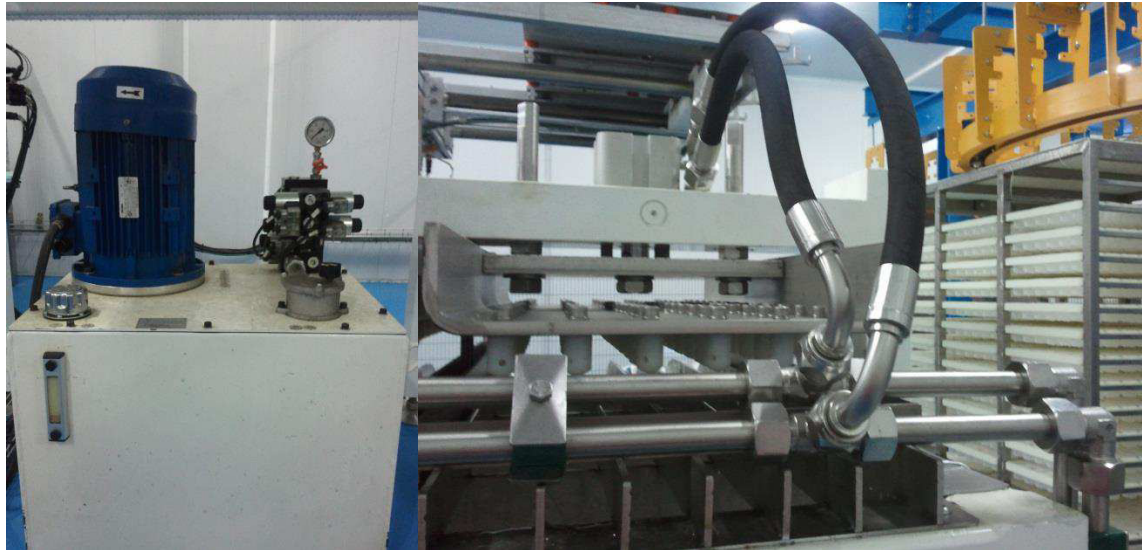
---



***Orientar fotocélulas.***

***Bandeja de Rejiband y barrera inmaterial.***

El siguiente paso será instalar el grupo hidráulico y conectarlo a la prensa y al elevador, para posteriormente rellenarlo de aceite y comprobar que está bien ajustado.



***Grupo hidráulico***

***Detalle de uniones en acero inoxidable.***

## 5. Trabajo Realizado

---

Estando todo revisado y tomando las notas oportunas se comienza la programación por separado, la del autómatas y la del Robot. Todo este proceso está explicado en apartados anteriores y posteriores.

Como en la nave no teníamos la posibilidad de tener bandejas de hielo en producción, pedimos un carro lleno de bandejas exactamente iguales que las que tendríamos en la instalación para poder programar el sistema.



*Programación de posiciones en Hielos de Asturias*



## 5. Trabajo Realizado

---

Para terminar la instalación comprobamos que las seguridades funcionan correctamente y su disposición en la instalación es la correcta. Tomando especial atención al funcionamiento de cualquier seta de emergencia que este en el proyecto, debe parar por completo todos los dispositivos de la instalación, principalmente el Robot.

La instalación en la fábrica de hielo no dicta mucho de la ya mencionada. Las dificultades lógicas al trabajar *“fuera de casa”*, alguna herramienta o dispositivo en el olvido y que siempre ocurre alguna problema inesperado. También es importante mencionar la diferencia de temperatura, unos 2º centígrados, que nos hace trabajar más abrigados y con mucha peor movilidad.

La única salvedad fue la diferencia en el anclaje de la peana. El suelo de la fabrica tenía una capa de hormigón de 200mm, otros 100mm de materiales blandos y lo demás hormigón. Por eso decidimos poner varillas roscadas de 600mm con **anclaje químico de la marca BIG-MAT**. Estos tacos químicos se inyectan con una pistola especial parecida a los de la silicona.

Problemas que tuvimos en toda la instalación:

- El cilindro sin vástago de la mordaza tenía problemas para extraer las bandejas. Se corrigió con un pequeño movimiento extra del robot cuando las tenía cogidas para que el cilindro no efectuara toda la fuerza. También se corrigió una mal instalación de la acometida neumática por parte de hielos de Asturias que hacía perder presión drásticamente.



*Grupo neumático de la instalación.*

## 5. Trabajo Realizado

---

- Al cabo de dos días se comprobó el estado general de la instalación y nos fijamos en que una de las placas de la prensa tenía un poco de aceite. Siguiendo la mancha nos fijamos en que uno de los cilindros hidráulicos tenía una fuga en el racor. Desmontamos el racor para aplicarle teflón a la rosca con lo que se arregló la fuga.



*Fuga reparada del racor.*

- Los cubos de hielos se quebraban en el trayecto de la prensa a la tolva. Esto era debido a que adquirían demasiada velocidad y a que los elementos no amortiguaban bien los golpes de los cubitos. Se instalaron unas planchas de goma alimentaria para absorber los golpes.



*Detalle de las planchas de goma.*

## 5. Trabajo Realizado

---

- Tras 3 o 4 meses en funcionamiento, se nos informó de unos errores muy extraños y que no se debían dar en ninguna circunstancia normal. Se detectó que el módulo de entradas del robot estaba defectuoso, al dar pulsos falsos y poner al sistema en alarma. La sustitución de dicho módulo fue suficiente para arreglar la situación.



***Módulo defectuoso.***



### **b) DIAGRAMA DE FLUJO Y PROGRAMACIÓN DEL ROBOT**

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de un algoritmo o proceso. Se utiliza en disciplinas como la programación, la economía, los procesos industriales y la psicología cognitiva. Estos diagramas utilizan símbolos con significados bien definidos que representan los pasos del algoritmo, y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de término.

Los diagramas de flujo son una manera de representar visualmente el flujo de datos a través de sistemas de tratamiento de información. Describen que operaciones y en que secuencia se requieren para solucionar un problema dado.

Un diagrama de flujo u organigrama es una representación diagramática que ilustra la secuencia de las operaciones que se realizarán para conseguir la solución de un problema. Los diagramas de flujo se dibujan generalmente antes de comenzar a programar el código frente a la computadora. Facilitan la comunicación entre los programadores y la gente del negocio.


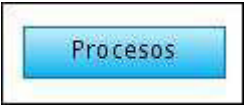





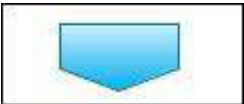
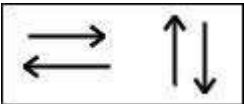



#### **Ventajas de los diagramas de flujo**

- Favorecen la comprensión del proceso a través de mostrarlo como un dibujo. El cerebro humano reconoce fácilmente los dibujos. Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto.
- Permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Se identifican los pasos redundantes, los flujos de los re-procesos, los conflictos de autoridad, las responsabilidades, los cuellos de botella, y los puntos de decisión.
- Muestran las interfaces cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de las mismas.
- Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso.

## 5. Trabajo Realizado

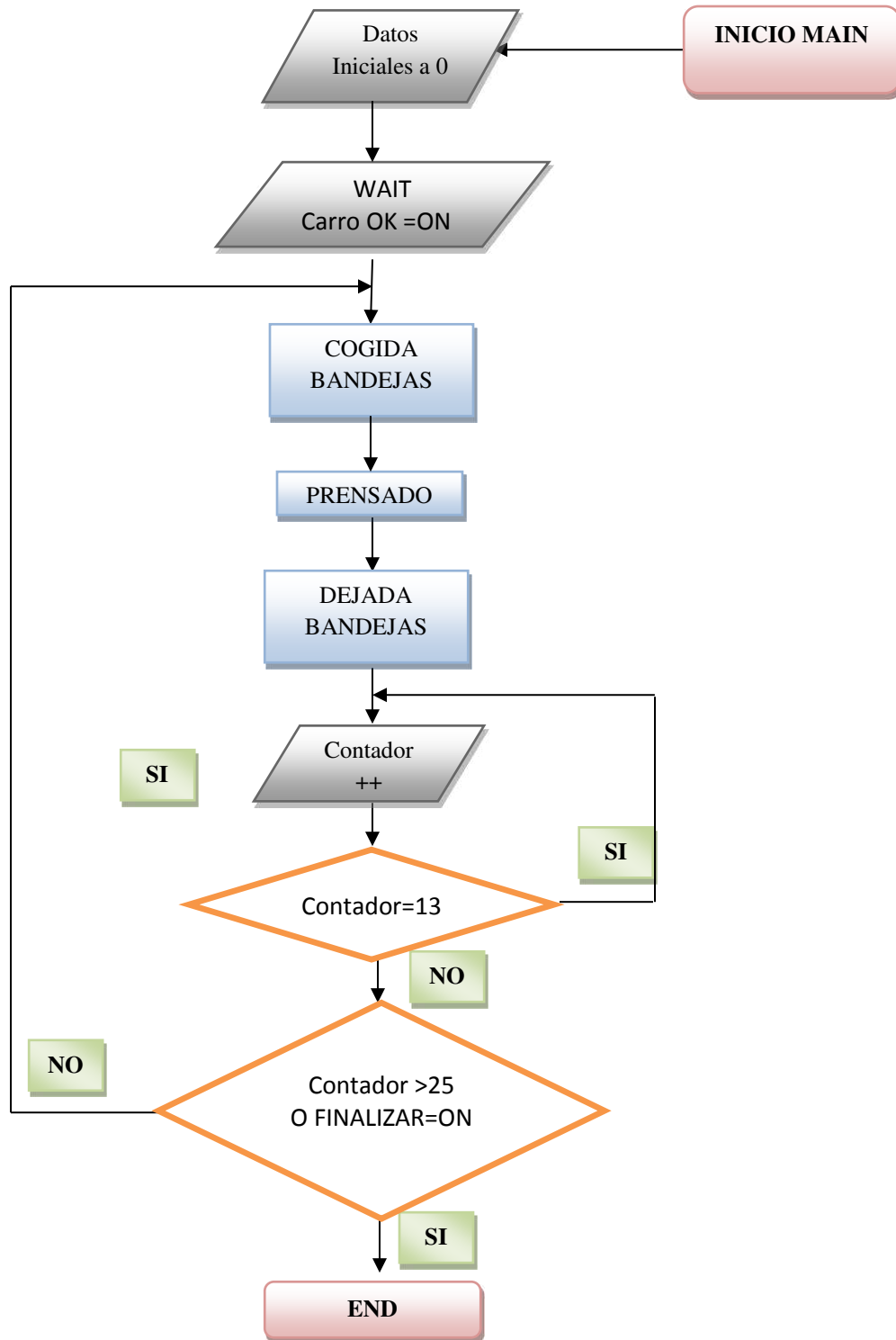
---

Se dibujan generalmente usando algunos símbolos estándares; sin embargo, algunos símbolos especiales pueden también ser desarrollados cuando sean requeridos. Algunos símbolos estándares, que se requieren con frecuencia para diagramar programas de computadora se muestran a continuación:

	<b>Inicio o fin del programa</b>
	<b>Pasos, procesos o líneas de instruccion de programa de computo</b>
	<b>Operaciones de entrada y salida</b>
	<b>Toma de desiciones y Ramificación</b>
	<b>Conector para unir el flujo a otra parte del diagrama</b>
	<b>Cinta magnética</b>
	<b>Disco magnético</b>
	<b>Conector de pagina</b>
	<b>Líneas de flujo</b>
	<b>Anotación</b>
	<b>Display, para mostrar datos</b>
	<b>Envía datos a la impresora</b>

## 5. Trabajo Realizado

En la siguiente página representaremos el Diagrama de Flujo del **programa MAIN**, el programa principal de la célula de desmoldeado.



## 5. Trabajo Realizado

---

La programación del robot se realiza para enseñarle su ciclo de trabajo. Una gran parte del programa se refiere a la trayectoria del movimiento que el robot debe ejecutar para mover la mordaza desde una posición a otra. Estos movimientos se suelen enseñar mostrando el movimiento al robot y registrándolo dentro de su memoria.

Sin embargo, existen otras partes del programa que no se refieren a ningún movimiento del brazo. Entre éstas se incluyen la interpretación de los datos de los sensores, la interacción del autómatas con el robot,... en general cualquier envío de señales a otros elementos de la instalación, la recepción de datos a partir de otros dispositivos y la realización de cálculos y toma de decisiones acerca del ciclo de trabajo. Algunas de estas otras actividades se enseñan mejor mediante la programación del robot utilizando un lenguaje de computadora, que en apartados anteriores está explicado.

Para atender a una explicación más detallada, tomaremos como ejemplo el programa principal MAIN.

Un UFRAME es un centro de coordenadas que toma el robot, el robot tiene varios suyos, pero podemos tomar como centro de coordenadas la primera capa del carro, la prensa... Los uframes facilitan la programación y disminuyen la grabación de puntos.

Lo primero que hacemos es nombrar el UFRAME que corresponda.

```
2      : UFRAME_NUM=1;
```

A continuación iniciaremos los datos a 0, al acabar de empezar el carro y ser la primera capa la objetivo

```
3      : R[1:CONTADOR]=0
4      : PR[3,1:OFFSET CARRO]=0
5      : PR[3,2:OFFSET CARRO]=0
6      : PR[3,3:OFFSET CARRO]=0
```

El registro R[1:CONTADOR] corresponde al número de capa en el que está trabaja, y está ligado al registro de posición PR[3:OFFSET CARRO], el cual nos genera cada capa un offset en x,y,z que hace que la posición de la mordaza vaya ascendiendo capa a capa. Esta estructura de programa simplificará la programación de puntos y la cantidad de líneas de programa de manera exponencial.

## 5. Trabajo Realizado

---

A continuación el robot se moverá a posición de espera y esperará la señal de que el carro esta Ok, que es generada por el autómatas cuando se cumplen las condiciones correctas en los sensores del elevador.

```
8 : WAIT 1.00(sec)
9 : L PR[1:HOME] 500mm/sec FINE
10 : L PR[2:REFEREN CARRO C] 2000mm/sec
11 : WAIT DI[3:CARRO OK]=ON
```

El robot esperará la señal de que la tolva está vacía (DI6) y comenzará su rutina de cogida de bandejas. Cuando las esté metiendo, esperará a la señal del cilindro que indica que ya están dentro.

```
19 : !COGIDA
20 :
21 : WAIT DI[6:AUX]=ON
    L PR[2:REFEREN CARRO C] 2000mm/sec CNT100 Offset, PR[3:OFFSET CARRO]
22 : Tool_Offset, PR[5:TOFFSET CARRO 2]
23 : L PR[2:REFEREN CARRO C] 2000mm/sec CNT10 Offset, PR[3:OFFSET CARRO]
    L PR[2:REFEREN CARRO C] 2000mm/sec CNT10 Offset, PR[3:OFFSET CARRO]
24 : Tool_Offset, PR[6:TOFFSET CARRO 3]
    L PR[2:REFEREN CARRO C] 2000mm/sec CNT20 Offset, PR[3:OFFSET CARRO]
25 : Tool_Offset, PR[19:TOFFSET CARRO 5]
26 :
27 : RO[2:METER GARFIOS]=ON
28 : WAIT RI[2:BANDEJA DENTRO]=ON
```

A continuación se moverá hasta una posición enfrentada a la prensa, activará la señal de pre prensado que hará activarse al grupo hidráulico y esperará la señal que indica que la prensa esté arriba.

```
30 : L PR[2:REFEREN CARRO C] 2000mm/sec CNT20 Offset, PR[3:OFFSET CARRO]
    Tool_Offset, PR[7:TOFFSET CARRO 4]

    L PR[2:REFEREN CARRO C] 2000mm/sec CNT100 Offset, PR[3:OFFSET CARRO]
33 : Tool_Offset, PR[5:TOFFSET CARRO 2]
34 : DO[7:PREPENSADO]=ON

38 : J PR[69] 100% CNT100
39 : J PR[13:REFEREN PRENSA] 100% CNT10 Offset, PR[15:OFFSET PRENSA 2]
40 : WAIT DI[1:PRENSA ARRIBA]=ON
```

## 5. Trabajo Realizado

---

La siguiente instrucción enviará al robot a la prensa mientras voltea las bandejas, depositará las mismas dentro y enviará la señal que indica al autómatas que está listo para prensar. El autómatas entonces ejecutara los controles sobre la prensa mientras que el robot esperará a que la prensa vuelva a estar arriba. Una vez terminado, volverá a recoger las bandejas y se moverá de nuevo al carro volteando las bandejas por el camino.

```
42 : !PRENSADO
43 :
44 : L PR[13:REFEREN PRENSA] 2000mm/sec CNT10 Offset,
    PR[16:OFFSET CARRO] ACC60
45 :
46 : L PR[13:REFEREN PRENSA] 2000mm/sec FINE
47 :
48 : RO[2:METER GARFIOS]=OFF
49 : WAIT RI[1:BANDEJA FUERA]=ON
50 : WAIT 0.3(sec)
51 :
52 : DO[1:LISTO PRENSADO]=PULSE,1.0sec
53 : WAIT 1.0(sec)
54 : WAIT DI[1:PRENSA ARRIBA]=ON
55 : DO[7:PREPRENSADO]=OFF
56 : WAIT 0.6(sec)
57 :
58 : !POSTPRENSADO
59 :
60 : RO[2:METER GARFIOS]=ON
61 : WAIT RI[2:BANDEJA DENTRO]=ON
62 :
63 : L PR[13:REFEREN PRENSA] 2000mm/sec CNT75
    Offset,PR[15:OFFSET PRENSA 2] ACC80
```

## 5. Trabajo Realizado

---

El robot a continuación volverá a dejar las bandejas en el mismo sitio donde fueron sacadas del carro.

```
68 : !DEJADA
69 :
70 : J PR[69] 100% CNT100
71 : J PR[2:REFEREN CARRO C] 100% CNT10 Tool_Offset,
    PR[4:TOFFSET CARRO 1]
    L PR[8:REFEREN CARRO D] 2000mm/sec CNT100
72 : Offset,PR[3:OFFSET CARRO] Tool_Offset, PR[5:TOFFSET
    CARRO 2]
73 :
74 :
75 : L PR[8:REFEREN CARRO D] 2000mm/sec CNT25
    Offset,PR[3:OFFSET CARRO] Tool_Offset,PR[10] ACC75
76 :
77 : RO[2:METER GARFIOS]=OFF
78 :
79 : L PR[8:REFEREN CARRO D] 2000mm/sec FINE
    Offset,PR[3:OFFSET CARRO]
80 :
81 : WAIT RI[2:BANDEJA FUERA]=ON
82 :
83 :
84 : L PR[8:REFEREN CARRO D] 2000mm/sec CNT10
    Offset,PR[3:OFFSET CARRO]
    L PR[8:REFEREN CARRO D] 2000mm/sec CNT10
85 : Offset,PR[3:OFFSET CARRO] Tool_Offset,PR[5:TOFFSET
    CARRO 2]
```

## 5. Trabajo Realizado

---

Por último, y tras vaciar la mordaza de bandejas, sumaremos al contador de bandejas 1 a la vez que sumaremos el ajuste de nivel para predefinir las posiciones de la siguiente cogida y dejada.

```
89 : !BANDEJA MAS
90 :
91 : R[1:CONTADOR]=R[1:CONTADOR]+1
92 :
93 : PR[3:OFFSET CARRO]=PR[3:OFFSET CARRO]+PR[12:AJUSTE]
```

Antes de coger el siguiente nivel, comprobamos primero que no sea el nivel 13 el siguiente, ya que ese nivel del carro no tiene bandejas. Si es el nivel 13, volveremos a sumar 1 al contador y añadiremos el ajuste de nivel de nuevo.

```
94 : IF R[1:CONTADOR]<>13, JMP LBL[2]
95 :
96 : PR[3:OFFSET CARRO]=PR[3:OFFSET CARRO]+PR[12:AJUSTE]
97 :
98 : LBL[2]
```

Al final chequearemos si hemos terminado el carro o si hemos ejecutado un fin de producción. Si no se da ninguno de estos dos casos, se procede a coger el siguiente nivel (JMP LBL 1). Si por el contrario se da uno de estos dos casos, se envía una señal al autómatas que indica que la producción se ha finalizado y el programa finaliza en espera de un nuevo carro.

```
99 : IF R[1:CONTADOR]>25 OR DI[4:FINALIZAR]=ON, JMP LBL[3]
100 :
101 : JMP LBL [1]
102 :
103 : !FIN
104 :
105 : LBL[3]
106 :
107 : L PR[1:HOME] 2000mm/sec FINE
108 :
109 : DO[3:FINALIZAR PRODUCCION]=PULSE,1.0sec
```



### c) GESTIÓN DE ALARMAS Y SEGURIDADES

Cualquier instalación automatizada puede tener fallos o errores, estos fallos pueden ser provocados por cualquier razón, puede ser un fallo humano, eléctrico, de programación, mecánico, etc, pero en cualquier caso, nuestra instalación debe ser capaz de evaluar el error y actuar en consecuencia.

En ocasiones un error puede influir simplemente en la producción, e incluso puede ser solucionado por el propio sistema. Poniendo como ejemplo nuestra instalación, si el programa del robot ordena coger unas bandejas de hielo pero por cualquier razón (una bandeja deformada, con demasiado hielo, desatornillada, etc) esa bandeja se ha atascado, el robot se quedará en espera al no tener las bandejas bien afianzadas dentro de la mordaza, a fin de que un operador intervenga.

En otras ocasiones más graves el problema no es tan solo en la producción, y el error puede ser peligroso para la instalación o el personal. Una instalación con un robot de nuestro tipo necesita un grado de seguridad 4 (el máximo según la normativa vigente), ya que potencialmente podría herir muy gravemente a alguien que acceda al recinto sin estar autorizado.

Por lo tanto vamos a dividir esta sección en dos partes, una con las seguridades que van a evitar que haya accidentes, y otra con la gestión de las alarmas que va a detallar todos los casos previstos en los que puede haber un problema en la producción y como solucionarlos.

## 5. Trabajo Realizado

---

### ➤ SEGURIDADES

La situación y utilidad de los sistemas de seguridad utilizados ya fueron explicadas brevemente en otra sección, por lo que vamos a verlos ahora con un poco más de detalle.

El principal elemento de esta sección es el módulo de seguridad. Un módulo de seguridad es un elemento con entradas y salidas digitales y analógicas, que se encarga de procesarlas de tal manera que, en cuanto haya alguna anomalía no programada, el sistema se bloquee inmediatamente, en nuestro caso parando todos los programas, cortando la energía de los servomotores del robot, el sistema hidráulico y el neumático, a fin de liberar cualquier mecanismo con presión que pueda ser peligroso.

Por norma general, un sistema de seguridad de este tipo estará continuamente enviando una señal al módulo de seguridad, de tal manera que en caso de que haya algún problema el elemento de seguridad cortará dicha señal y la instalación se parará. Con este sistema si por cualquier razón hay un corte en el suministro o se corta la comunicación con un elemento de seguridad, la alarma será dada. Algunos de los elementos de seguridad también tienen un sistema opuesto: están continuamente enviando un 0, y si hay algún problema empezará a enviar un 1, de tal manera que si hay un cortocircuito o un contacto, la alarma también saltará. Ahora estudiaremos cuales son las entradas que activan el módulo de seguridad y bloquean nuestra instalación.



*Módulos de seguridad*

## 5. Trabajo Realizado

---

En primer lugar está la cerradura Troax Safe Lock 4x4. Esta cerradura de seguridad instalada en el cerramiento físico (las vallas de acero también de la marca Troax) activa nuestra seguridad cada vez que alguien abre la puerta. La cerradura dispone de un interruptor doble que asegura que dicha señal es mandada incluso en caso de avería. También dispone de un sistema de enclavamiento por el cual el autómatas puede denegar la apertura de la puerta.



*Cerradura de seguridad*

El cerramiento se completa con las barreras inmateriales. La barrera consiste en un emisor y un receptor alojados en robustas carcasas con perfiles de aluminio, protege el área generando rayos infrarrojos que detectan cualquier objeto opaco situado en el campo de detección de la barrera. Las funciones de mando y control se encuentran dentro de las dos barreras; las conexiones se hacen por medio de conectores M12 situados en la parte inferior del perfil. El sincronismo entre el emisor y el receptor se realiza por medio de lentes, por lo tanto no es necesaria ninguna conexión directa entre las dos barreras. Un microprocesador, garantiza el control y el mando de los rayos emitidos y recibidos y a través de algunos LED, informa al operario sobre el estado de funcionamiento de la barrera de seguridad y eventuales condiciones de error. Estas barreras son marca WENGLOR.

## 5. Trabajo Realizado

---

La seguridad se completa con diversos pulsadores de emergencia manuales, o setas de emergencia, distribuidos a lo largo del recinto.



*Setas de emergencia*

### ➤ GESTIÓN DE ALARMAS

Decimos que hay una alarma cuando el sistema, a través de nuestro interfaz, nos da un mensaje que debemos conocer. Esto puede ser por un problema (por ejemplo falta de presión del aire) o simplemente que debemos conocer algún dato previsto (por ejemplo el fin de la producción). Nuestra pantalla táctil lleva previsto en su software una manera precisa y específica para tratar las alarmas, al igual que nuestro autómatas, como ya vimos en capítulos anteriores.

## 5. Trabajo Realizado

---

Texto	Número
Imposible iniciar: Los garfios están retraídos.	1
Imposible iniciar: El robot no está en su posición inicial.	2
Paro inesperado del robot.	3
Fallo en robot.	4
No se detecta carro en el tope.	5
El carro está mal posicionado.	6
Bandejas fuera del carro.	7
Presión Baja	8
Emergencia seta 1	9
Emergencia Seta 2	10
Emergencia Puerta Abierta	11
Emergencia Barrera	12
Robot en T1	13
Robot en T2	14
Prensa en Manual	15
error nº16	16

Veamos concretamente las alarmas que hemos programado:

- **Imposible iniciar: Los garfios están retraídos.** Se da cuando, al iniciar la producción, los garfios se encuentran retraídos dentro de la mordaza (posibilidad de que tenga bandejas dentro, con lo que al iniciar la producción se estrellaría contra el carro al coger un nuevo nivel de bandejas).
- **Imposible iniciar: El robot no está en su posición inicial.** Se da cuando el robot no encuentra en su posición inicial de seguridad al iniciar la producción. Esto evita movimientos peligrosos al iniciar la producción.
- **Paro inesperado del robot:** Cuando el autómatas reciba un paro del robot mientras está en producción se enviará este mensaje.
- **Fallo en robot:** Este mensaje nos aparecerá cuando se active la alarma del robot. Se deberá consultar el error en la teach pendant para solventarlo.
- **No se detecta carro en tope:** Cuando metamos un nuevo carro y no lo

## 5. Trabajo Realizado

---

situemos bien pegado al tope del elevador, al iniciar la producción nos aparecerá este mensaje indicando que el carro no está bien colocado sobre el elevador y que por tanto, no es seguro elevarlo.

- **El carro está mal posicionado:** Cuando, habiendo estado el carro bien posicionado en el tope, al elevarlo uno de los sensores inductivos que indican que está en su posición no nos acusa la señal, se muestra esta alarma y el elevador vuelve a bajar para solventar el fallo de posicionamiento.
- **Bandejas fuera del carro:** Se muestra cuando alguna bandeja se ha salido en buena medida del carro. Este error lo comprueba los 3 sensores ópticos que se encuentran delante del elevador.
- **Presión baja:** Indica que la presión neumática de la instalación ha bajado del nivel aceptable y pone al sistema en alarma.
- **Emergencia Seta 1:** Nos indica que la seta de seguridad de la botonera 1 se encuentra pulsada.
- **Emergencia Seta 2:** Nos indica que la seta de seguridad de la botonera 2 se encuentra pulsada.
- **Emergencia Puerta Abierta:** Nos indica que la puerta está abierta.
- **Emergencia Barrera:** Nos indica que algo ha atravesado el haz de la barrera inmaterial de seguridad.
- **Robot en T1:** El mando manual del robot se encuentra en T1.
- **Robot en T2:** El mando manual del robot se encuentra en T1.
- **Prensa en Manual:** La prensa se encuentra en modo manual.
- **Error nº16:** Mensaje de error auxiliar para futuras ampliaciones.



### **d) GRAFETS DE FUNCIONAMIENTO DEL AUTÓMATA.**

Ya hemos visto anteriormente como se realiza un grafcet de una instalación, ahora aplicaremos la teoría ya estudiada a nuestro proyecto

Para hacerlos mas esquemático y comprensible, hemos hecho 9 grafkets diferentes. Los 7 primeros (del G0 al G6) corresponden a diferentes estados del sistema (hay uno para cuando la cadena está en modo manual, otra para automático, otra para el modo de emergencia, etc.); por otra parte hemos considerado la prensa (G7) y el elevador (G8) como sistemas independientes, aunque realmente no sean autónomos y estén controlados por el Robot.

Estos grafkets se encuentran en el Anexo IV del presente proyecto.

### e) SECUENCIA FINAL DEL PROCESO

A continuación y para finalizar el bloque pasaremos a describir visualmente la secuencia del proceso:

Con la instalación vacía, se introduce un carro y se posiciona sobre la mesa elevadora, dejando el carro tocando al tope de la misma.



*Introducción del carro encima de la mesa elevadora*



## 5. Trabajo Realizado

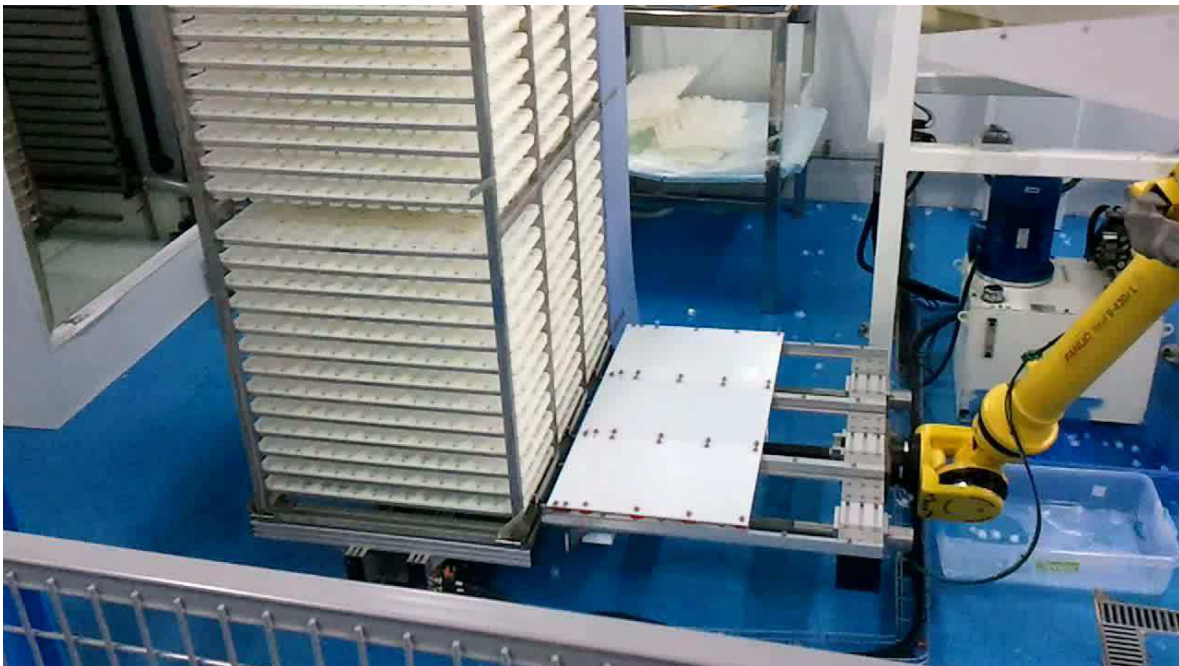
---

A continuación se pondrá en marcha la instalación mediante las botoneras.



*Inicio mediante botonera*

Con la pulsación, la mesa se elevará y el robot comenzará su ciclo de desmoldeo.



*Cogida de primer nivel*

## 5. Trabajo Realizado

---

La garra se situará bajo las bandejas y se retraerá para acogerlas en la mordaza.



*Retirada de bandejas del carro*

A continuación el robot se posicionará para efectuar el giro de las bandejas.



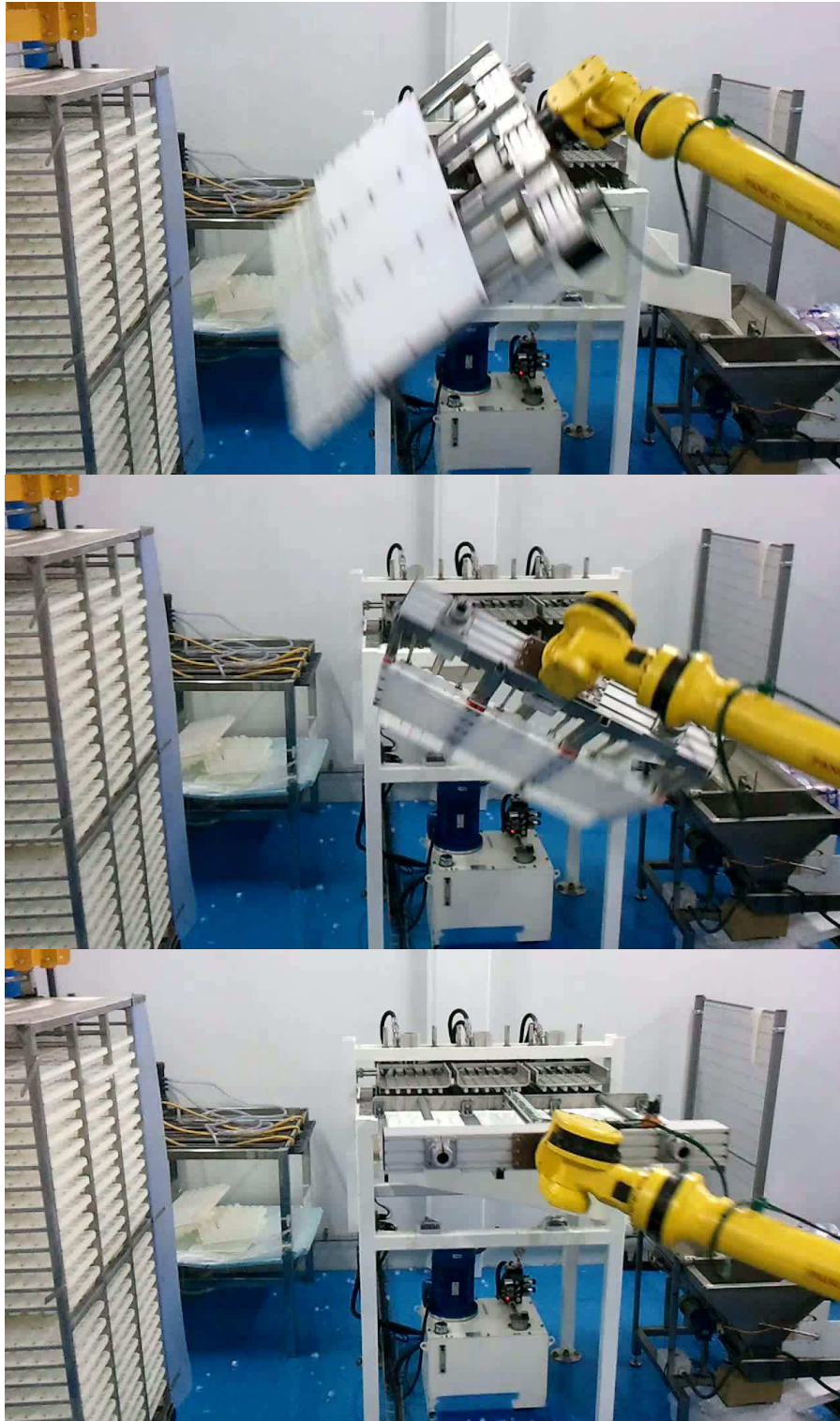
*Elevación de la mordaza para preparar el giro*



## 5. Trabajo Realizado

---

Efectuará el giro preparando la mordaza para la prensa.



## 5. Trabajo Realizado

---

La garra se extenderá para entregar las bandejas a la prensa y se efectuará el prensado.



*Prensado de bandejas*

## 5. Trabajo Realizado

---

Tras el prensado, se recogerán las bandejas y se devolverán a su sitio en el carro.



*Introducción de bandejas en el carro*

Y continuará con el mismo ciclo nivel tras nivel hasta finalizar el carro.



*Retirada de bandejas del carro, segundo nivel*



## 5. Trabajo Realizado

---

Cuando todas las bandejas del carro hayan sido desmoldeadas o se haya producido un fin de producción, el robot regresará a su posición de inicio y el elevador liberará el carro, permitiendo así al operario sacarlo de la instalación para repetir el proceso de nuevo.



*Retirada del carro tras producción*

## **Apartado 6:**

# **PRESUPUESTO**

## 6. Presupuesto

Este es el presupuesto de todos los materiales utilizados en la instalación. Está desglosado con respecto a cada fabricante. La tornillería y el transporte de dichos materiales a la instalación no están incluidos en él.

El presupuesto inicial entregado al cliente se hizo de forma aproximada y ajustándonos muchísimo para poder competir con otras empresas integradoras, consiguiendo al final, un margen ligeramente mayor de beneficios de lo que estaba estipulado al reducir considerablemente el tiempo de ejecución del proyecto.

El factor clave que nos hizo ganar el proyecto en cuanto al precio fue el uso de un robot de segunda mano y sobre todo, la garantía de un diseño de maquinaria a medida y de muy buena calidad.

### SIEMENS

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
1	FTE ALIMENTACION 10A 24V	205,70 €	35%	133,71 €
1	SIMATIC DP, IM151-8 PN/DP CPU	744,80 €	35%	484,12 €
1	MODULO TERMINALES TM-P15S23-A1	8,78 €	35%	5,71 €
1	MODULO DE POT. PM-E 24V DC - 48V CON DIAGNOSTICO	37,91 €	35%	24,64 €
3	MODULO TERMINALES TM-E30S44-01	32,59 €	35%	63,55 €
2	MODULO ELECTR. P. ET200S, 4/8 F-DI PROFISAFE	239,40 €	35%	311,22 €
1	MODULO ELECTRONICO 4 F.DO		35%	0,00 €
1	MOD. ELECTRONICO 1F-RO DC24V/AC24..230V/5A	119,70 €	35%	77,81 €
1	MODULO TERMINALES TM-P15S23-A0	8,78 €	35%	5,71 €
1	MODULO DE POT. PM-E 24V DC CON DIAGNOSTICO	15,43 €	35%	10,03 €
1	5 MODULO TERMINALES TM-E15S24-01	43,76 €	35%	28,44 €
1	MODULO ELECTR. 8DI DC 24V	49,88 €	35%	32,42 €
1	MODULO ELECTR. 8 DO DC 24V/0,5A	57,72 €	35%	37,52 €
1	MODULO ELECTR. 4SI IO-LINK	131,02 €	35%	85,16 €
1	HMI Sismatic KTP400 MONO	307,00 €	0%	307,00 €
<b>TOTAL</b>				<b>1.607,03 €</b>



## 6. Presupuesto

### FLUITECHNIK

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
1	Cilindro hidráulico SMC CHKFB 50-75	222,04 €	5%	210,94 €
3	Cilindro hidráulico SMC CHKFB 63-45	284,69 €	5%	811,36 €
1	Grupo Hidráulico	4.103,15 €	5%	3.897,99 €
TOTAL				4.920,29 €

### PHOENIX MECANO

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
2	Perfil F-60x120 a medida	0,90 €	20%	126,72 €
2	Perfil F-60x120 a medida	1,26 €	20%	177,41 €
8	Tapa para perfil F-60x120 Negro	2,16 €	20%	13,82 €
12	Escuadra perfil 60	4,00 €	20%	38,40 €
TOTAL				356,35 €

### LUMBERG

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
25	Conector aereo M12 macho, 4 Polos	5,27 €	0%	131,75 €
10	Conector aereo M12 hembra, 5 Polos	5,97 €	0%	59,70 €
10	Conector aereo M8 hembra, 3 Polos	7,24 €	0%	72,40 €
2	Conector base distribuidor 4 puertos con led, 4 polos	12,16 €	0%	24,32 €
1	5m de cable conector aereo en T 1 macho M12 y dos	44,40 €	0%	44,40 €
10	Hembras M12 5 polos	10,90 €	0%	109,00 €
TOTAL				441,57 €

### TROAX

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
1	Cerramiento completo según plano	2.265,60	0%	2.265,60 €
TOTAL				2.265,60 €

## 6. Presupuesto

---

### WENGLOR

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
3	Espejo rectangular 100x100	7,00 €	0%	21,00 €
1	Cable recto M12 8Pins (20M)	41,00 €	0%	41,00 €
1	Cable recto M12 4Pins (20M)	21,25 €	0%	21,25 €
1	Barrera Seguridad Multirrayo PL e	487,50 €	0%	487,50 €
1	Barrera Seguridad Multirrayo PL e	423,15 €	0%	423,15 €
TOTAL				993,90 €

### AVE-CHAINS

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
10	Cerramiento completo según plano	9,97	0%	99,70 €
TOTAL				99,70 €

### ASA

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
300	Cable 4x0.5mm	0,64 €	0%	191,16 €
100	Cable 3x1.5mm	1,26 €	0%	126,26 €
100	Cable 12x0.50mm	1,73 €	0%	173,46 €
100	Cable 4x1.5mm	1,40 €	0%	140,42 €
TOTAL				631,30 €

### BALLUFF

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
2	Repartidor IO-LINK 16DI/16DO IP67	183,30 €	0%	432,59 €
2	Repartidor IO-LINK 16DI/16DO IP20	69,81 €	0%	164,75 €
TOTAL				597,34 €

## 6. Presupuesto

### EUROBOTS

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
1	Sistema Completo Robot Fanuc	15.694,00 €	0%	15.694,00 €
1	Transformador	531,00 €	0%	531,00 €
TOTAL				16.225,00 €

### PLASTECMECA

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
1	Lona tres piezas	500,00	0%	500,00 €
TOTAL				500,00 €

### MECANIZADOS JUMA

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
280	Tetón (nylon)	1,50 €	0%	420,00 €
8	Casquillo Amortiguadores Chavetas de 4mm	13,00 €	0%	104,00 €
1	Implemento Asturias	34,57 €	0%	34,57 €
1	Taladrar Perfil	30,00 €	0%	30,00 €
6	Conjunto Garfio	42,37 €	0%	254,22 €
1	Guia CD	151,55 €	0%	151,55 €
1	Guia CI	151,55 €	0%	151,55 €
2	Guia D	191,76 €	0%	383,52 €
1	Refuerzo horizontal	121,73 €	0%	121,73 €
1	Soporte I	24,29 €	0%	24,29 €
1	Soporte D	29,51 €	0%	29,51 €
4	Porta SilentBlock	16,88 €	0%	67,52 €
TOTAL				1.772,46 €

## 6. Presupuesto

### MECANIZADOS TORNASÁN

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
1	Estructura	1.354,50 €	0%	1.354,50 €
1	Parrilla	1.733,70 €	0%	1.733,70 €
2	Soporte Cojinete Guia	22,46 €	0%	44,92 €
1	Guia Carro Atrás	20,64 €	0%	20,64 €
1	Guia Sensor Atrás	25,13 €	0%	25,13 €
1	Guia Carro Delante	20,64 €	0%	20,64 €
1	Guia Sensor Delante	25,13 €	0%	25,13 €
4	Eje Guia	25,10 €	0%	100,40 €
1	Chapa anclaje Cilindro	21,34 €	0%	21,34 €
1	Sujeccion Cilindro Tope	28,96 €	0%	28,96 €
1	Tope	57,83 €	0%	57,83 €
2	Pletina A	4,30 €	0%	8,60 €
2	Pletina B	7,69 €	0%	15,38 €
3	Portatetones	237,84 €	0%	713,52 €
3	Placs Montaje	109,00 €	0%	327,00 €
6	Eje W	23,4	0%	140,40 €
<b>TOTAL</b>				<b>4.638,09 €</b>

<b>TOTAL DEL PRESUPUESTO MATERIAL</b>	<b>33.562,56 €</b>
---------------------------------------	--------------------

## 6. Presupuesto

---

### INGENIERIA

Ud	Descripción	Precio	Dto	Importe
528	Horas ingeniero	16,00 €	0%	8.448,00 €
224	Horas montador	14,00 €	0%	3.136,00 €
33	Dietas.	60,00 €	0%	1.980,00 €
1	Contingencias	3.000,00 €	0%	3.000,00 €
TOTAL				16.564,00 €

TOTAL MATERIAL	33,562.56 €
TOTAL INGENIERIA	16,564.00 €
TOTAL	50,126.56 €

## **Apartado 7:**

# **CONCLUSIONES**

# CONCLUSIONES DEL PROYECTO

Este proyecto trata del diseño, programación y puesta en marcha de una célula de desmoldeado de bandejas de hielo. Comprende un robot y una sistema hidráulico formado por una prensa y un elevador, todo ello con sus componentes de seguridad, sensórica ...

Cabe destacar sobretodo que es un proyecto multidisciplinar, ya que incluye conocimientos sobre neumática, hidráulica, robótica, electrónica, electricidad, y sobre todo un tremendo trabajo de programación. Para permitir el entendimiento del conjunto de este proyecto se han remarcado las nociones teóricas de todas las ramas, entendiendo la complejidad de sintetizar en un solo proyecto un ejemplo práctico de tantas ramas de ingeniería. Por lo tanto, el trabajo realizado en este proyecto engloba su conjunto al completo, desde la programación de una línea de código hasta el apriete de un tornillo de la instalación o el diseño eléctrico del cuadro.

Para el cliente, las ventajas conseguidas con la implementación del desmoldeador fueron, en primer lugar, una reducción de costes de producción en personal de aproximadamente un 65%, al reducir la plantilla típica de 3-4 personas a solamente 1 por turno. La eficiencia en tiempo aumentó en más de un 50%, consiguiendo el vaciado de todos los carros en 8 horas, 4 horas menos que por métodos tradicionales, permitiendo así una producción continua de 24 horas con 3 turnos de 8 horas.

El desarrollo de este proyecto se realizó en apenas 4 meses desde el inicio con el diseño, hasta el final con el robot en funcionamiento y produciendo en Hielos de Asturias. En la fase de diseño y montaje participamos 2 ingenieros mientras que en la última fase de puesta en marcha la instalación se quedó solamente bajo mi supervisión.

## 7. Conclusiones

---

La fase de diseño y montaje, al tener una fecha de entrega muy ajustada se tuvo que realizar de una forma rápida. La puesta en marcha se alargó un poco ya que se consideró que la instalación debía llegar a un nivel muy alto de perfección y estar dispuesta de todos los controles y manuales bien implementados para poder, a posteriori, dar solución telefónicamente y evitar pérdidas en viajes innecesarios a la instalación. En este tiempo también se formó tanto al personal de mantenimiento como a los operarios de la fábrica.

Tras las 3 semanas de puesta en marcha y validación de la instalación, hubo que viajar a Asturias unas 3 o 4 veces más a causa de que por cambios en su personal, nadie sabía usar el robot adecuadamente o interpretar y solucionar los mensajes de error, causando alguna vez hasta colisiones de la mordaza al mover el robot manualmente, con la consiguiente deformación de la mordaza y parada de la célula al no poder producir.

Como puntos más conflictivos y más difíciles de mi trabajo en esta instalación es muy remarcable el de no solo ser el responsable de la instalación, sino también el máximo conocedor de la misma, lo que quiere decir que debías ser la persona de guardia y solventar los problemas que pudieran surgir a cualquier hora del día o de la noche, ya que es una fábrica que produce 24 horas al día.

Pese a estas dificultades, en el ámbito de ingeniería, cualquier traba o proposición se consiguió resolver y llevar a cabo, como por ejemplo, con mejoras continuas en la pantalla respecto a la identificación de errores, mejorando así tanto la efectividad de la instalación como reduciendo al mínimo el tiempo de averías y paradas del robot desmoldeador. También se trabajó en cuanto a mejorar la calidad del producto final, tanto suavizando la entrega del hielo a la tolva mediante planchas de silicona para evitar fracturas como ajustando la presión de la prensa hasta la ideal.

Con todo esto se ha conseguido un desmoldeador de hielos muy fiable que consigue con creces ser el núcleo principal de la fábrica y a la par la hace muy rentable al reducir considerablemente la cantidad de personal y de medios que harían falta con un sistema convencional.



## **Apartado 8:**

# **BIBLIOGRAFÍA**

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] – Josep Balcells, José Luis Romeral, *Autómatas programables*, 1ª edición, MARCOMBO S.A, 1997.
- [2] O. Boix, A. Sudrià, J. Bergas, *Automatització industrial amb GRAFCET*, 1ª edición, Ediciones UPC, S.L., 1993.
- [3] Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñín, Carlos Balaguer, Rafael Aracil, *Fundamentos de Robótica*, 2ª edición, McGraw Hill, 2007.
- [4] John J. Craig, *Introducción a la robótica*, 3ª edición, PEARSON, 2006.
- [5] SIEMENS, *Manual PLC-SIM Step 7 C79000-P7078-C48-01*, 2003.
- [6] SIEMENS, *Manual de Usuario SIMATIC HMI WinCC flexible 2008 A5E01024789-02*, 2008.
- [7] FANUC LTD, *Manual de operador RJ3i MODELO B ARCTOOL B-81464EN-3/01-2*, 2003.
- [8] FANUC LTD, *Manual de programación FANUC Robot Series R-J3/ MODELO B SPOT TOOL B-81464SP/03*, 2001.

## **Anexo I:**

# **Manual de Usuario**

### INSTALACION DE DESMOLDEADO DE BANDEJAS

#### 4.1 DESCRIPCION DE LA INSTALACIÓN

El propósito **General** de esta Instalación es el de sacar los cubitos de hielos de los moldes, los cuales se almacenan en bandejas y éstas a su vez en carros.

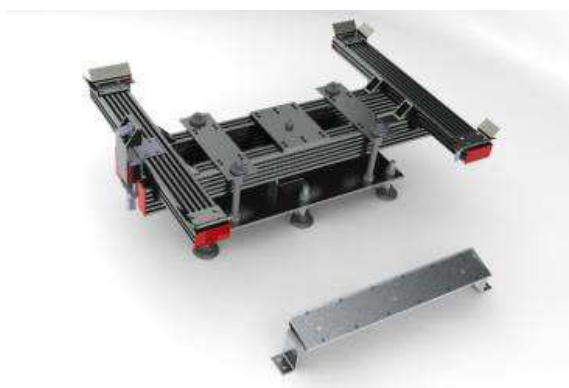
El robot sacará las bandejas de los carros una a una y las posicionará en la prensa donde serán presionadas hasta desmoldear los cubitos. A continuación, los cubitos de hielo, son transportados a una tolva que los acumula y selecciona, para seguidamente embolsar y paletizar.

Para comprender y gestionar correctamente la Instalación, se distinguen dos (2) zonas, que son:

##### 4.1.1 LINEA DE RECOGIDA DE BANDEJAS

Comprende la zona en la que se encuentra el elevador hidráulico. En esta zona el operario posiciona el carro encima del elevador, asegurando una posición fija e inamovible para dicho carro.

El Robot no irá a por las bandejas mientras algún sensor indique alguna mala posición de las bandejas en el carro.



*Cualquier tipo de deterioro de las bandejas o su mal posicionamiento en el carro puede dar problemas al ser manipulado por el Robot. Esto normalmente se traduce en paradas de producción, al tener que invadir los operarios la zona para solucionarlos.*

### 4.1.2 LINEA DE PRENSADO

Está situada en la zona en la que se emplaza la Prensa. El Robot coloca las bandejas en la prensa y las oprime con la actuación de los cilindros hidráulicos, consiguiendo así sacar los hielos. Mediante un sistema de lonas desliza el hielo hasta la tolva, la cual que actúa de pulmón.



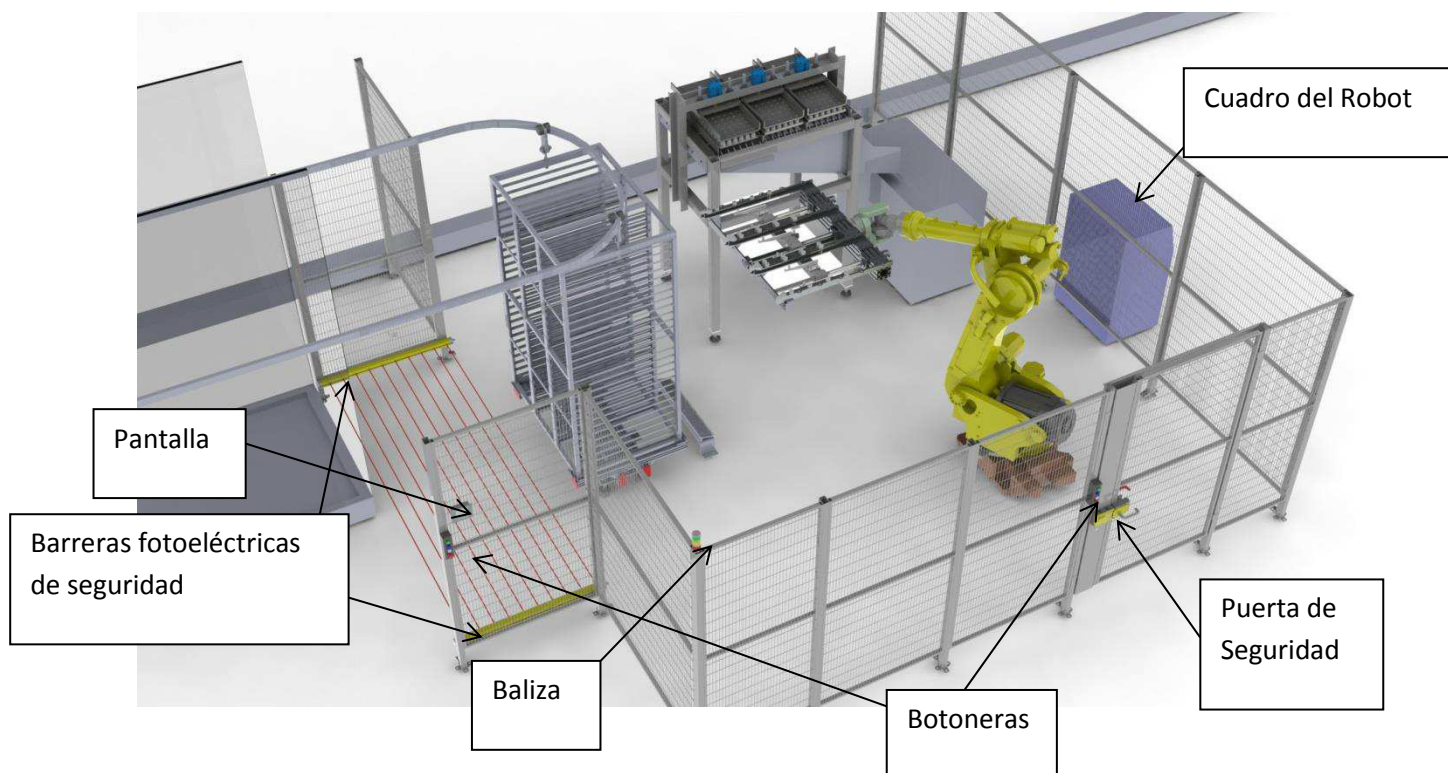
Por último, como se puede apreciar, esta descripción no es demasiado exhaustiva, sólo se pretende dar un conocimiento global de funcionamiento de la Instalación y de las partes o zonas en que se divide. Las particularidades se detallan en apartados posteriores.

### 4.2 SEGURIDADES

En la actualidad, el tema de Seguridades en las máquinas es muy importante, tanto por legislación y como por prevención. Por tanto, antes de seguir adelante se deben tener claras las normas de Seguridad a mantener en la Instalación.

Como seguridades constan los siguientes elementos:

- **Protecciones Físicas:** Vallas metálicas en los perímetros peligrosos de la Instalación, cubre cadenas en pistas, etc.
- **Fotocélulas de Seguridad:** Barreras inmateriales en salida y entrada de carros.
- **Relés de Seguridad** en control de Stop + **pulsadores de Stop** estratégicamente repartidos por zonas.
- Control eléctrico en prevención y eliminación de potencia en procesos de emergencia.
- Eliminación de presión neumática e hidráulica (salvo zonas necesarias) ante emergencia.
- Balizas de indicación de anomalías.



Resumiendo, toda zona peligrosa de la instalación tiene acceso totalmente restringido para prevenir accidentes. Cuando estas seguridades están activas, las máquinas trabajan normalmente.

Cuando se intenta acceder a una zona peligrosa de cualquier manera no permitida, el robot en cuestión se detiene rápidamente, quedando la instalación **TOTALMENTE INOPERATIVA** hasta que se restablezcan las seguridades.

Igualmente, según el nivel de seguridad violado se paran más o menos dispositivos, es decir, hay diferentes máquinas con sus seguridades encadenadas que dependen las unas de las otras. Esto implica que la parada de un dispositivo por una alarma genera parada y alarma en otros.

### 4.2.1 NORMAS DE ACCESO

Cuando se ha de realizar una intervención rutinaria en una zona protegida (colocar bandejas, limpiar fotocélulas, etc.) se debe tener en cuenta una serie de normas lógicas y generales, y otras adecuadas a cada elemento.

Por la peligrosidad de los Robots, y por la integridad y durabilidad de los propios Robots, todas las paradas que se deban realizar sobre ellos deben hacerse de forma controlada. Para ello se debe hacer primero petición de paro y acceso antes de invadir la zona. ***Las paradas extremas por Seta de Emergencia o invasión de Barrera deben evitarse en la medida de lo posible.***

Para controlar la instalación tendremos dos botoneras con los siguientes pulsadores:



- **MARCHA y PARO:** es el botón **VERDE**, el que inicia y detiene el proceso de desmoldeado en cualquiera de sus paradas y puesta en marcha. Cuando el sistema se encuentre pausado, la luz del botón parpadeará, mientras que se mantendrá cuando esté produciendo.



- **REARME:** es el botón de color **AZUL**, es el que hace que se restablezcan todas las seguridades.



- **FIN DE PRODUCCIÓN:** es el botón **BLANCO**; al accionarse el Robot finaliza producción dejando el carro como esté y ubicándose en la posición de descanso.

Con este botón accionamos también la electroválvula del tope; esto ocurre en el inicio de cada carro para colocarlo.



- **PARO EMERGENCIA:** es la **seta de Emergencia**, con ella pulsada el operario se asegura que nadie pueda rearmar la zona mientras esté enclavada. Hace un paro de la instalación brusco y rápido. Hay que desenclavar la seta para poder rearmar al salir de la instalación.



Tendremos dos botoneras colocadas en los puntos claves de la instalación, la entrada y salida de carros y en la puerta de acceso.

Por tanto:

- Para hacer una parada suave del robot se dispondrá de un pulsador **VERDE** de paro en dos botoneras. Tras unos segundos el Robot se habrá parado y la baliza señalará con el piloto **ROJO** que nos indica que el sistema está parado y es seguro acceder a la zona. El Robot no se moverá hasta que se rearme la instalación y se ponga ésta en Marcha.
- Para rearmar la instalación se debe pulsar el botón de rearme **AZUL**, con lo que el piloto **ROJO** de la baliza se apagará y el piloto **VERDE** comenzará a parpadear para indicarnos que el sistema está listo para iniciar. Después pulsaremos el botón de **“MARCHA”** (botón **VERDE**) y se encenderá el piloto **VERDE** de la baliza.



- Si salta una alarma en la instalación, ya sea por pulsar una seta o por invadir la zona protegida de la instalación, el robot se parará bruscamente y se debe rearmar la instalación de la manera indicada anteriormente.
- ***Para mayor seguridad cuando se va a entrar en la zona, pulsar alguna de las setas de STOP y asegurar que nadie pueda rearmar la zona.*** Siempre **DESNCLAVAR** la seta al salir.
- ***SIEMPRE, antes de rearmar y pasar al modo Automático, cerciorarse de que nadie esté en la zona de peligro y/o movimiento, y que nada (herramienta, por ejemplo) quede donde pueda ocasionar una avería o accidente.***

### 4.2.2 NORMAS DE REARME

Cuando han saltado las seguridades, sólomente podremos interactuar con la instalación desde la pantalla, entrando en el menú manual. Para volver al modo automatico y continuar la producción se debe seguir las siguientes indicaciones:

- Cerciorarse que nadie esté en zona de peligro y/o movimiento, y que nada (herramienta, por ejemplo) quede donde pueda ocasionar una avería o accidente.
  - En el caso del Robot, comprobar que está en una zona donde al reanudar su programa no colisione con nada ni consigo mismo.
  - Llevar los elementos de seguridad a su posición de reposo, donde permitirán el rearme.
  - Pulsar el rearme correspondiente. Cuando se rearmen alarmas de programa sólo será necesaria una pulsación, pero ***cuando son rearmes de hardware (barreras, stop, etc.) Normalmente serán necesarias dos o más pulsaciones (depende del nivel de seguridades caídas y debido a que su rearme va encadenado).***
- Si la zona no rearma tras varios intentos comprobar cual es la alarma activa en la pantalla y solucionarla manualmente (Por ejemplo, Alarma de Puerta abierta).

A parte de todas las alarmas que se generan por las seguridades que protegen a las personas (Barrera de seguridad, puerta y setas), también hay alarmas que se generan por seguridades que protegen a las máquinas. En este sentido existen dos clases de protecciones:

**HARDWARE:** Térmicos, automáticos, topes, bumper, etc.

**SOFTWARE:** Seguridades por programa. También conocidos como DIAGNOSTICOS.

Estas alarmas se agrupan con la misma estructura y criterios que el resto de alarmas, y por tanto, los rearmes son los mismos.

### 4.2.3 NORMAS PARA MANTENIMIENTO

Cuando se han de realizar trabajos de mantenimiento, a las normas de seguridad rutinarias se le suman otra serie de normas. Esas normas a seguir son:

- Para actuaciones rápidas (enfoco fotocélulas, ajuste sensores, etc.) seguir el mismo procedimiento que en accesos normales, pero poner mucha atención en inmovilizar la zona (stop pulsado).
- Colocar letreros de aviso en los accesos y paneles de mando con textos como “maquina en reparación” y “prohibido poner en marcha sin permiso”, por ejemplo.
- Cuando se debe hacer una intervención larga, desconectar la corriente general del cuadro eléctrico si es posible. De no ser así, abrir el cuadro eléctrico si es posible y bloquear los contactores de las pistas que se van a manipular. De ese modo evitaremos que algún motor pueda ponerse en marcha.
- Cuando se realizan pruebas de ajuste y funcionamiento poner la Instalación en **MANUAL GENERAL**.
- No permanecer en las zonas de peligro sin conocimiento por parte de alguien en el exterior de la Instalación.
- No manipular cables con tensión. Si no se puede cortar corriente esperar el momento en que pueda hacerse.
- Al terminar una intervención, cerciorarse que todos los elementos de protección (cubre cadenas, tapas de cajas, etc.) queden correctamente colocados.
- **SIEMPRE**, antes de rearmar, cerciorarse que nadie esté en zona de peligro y/o movimiento, y que nada (herramienta, por ejemplo) quede donde pueda ocasionar una avería o accidente.
- Asegurarse antes de rearmar que los dispositivos de seguridad no hayan sido alterados o puenteados.
- Aunque no haya problemas de funcionamiento, **DEBE HACERSE AL MENOS UNA VEZ POR SEMANA UN CHEQUEO DEL CORRECTO ESTADO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD.**

### 4.3 DESCRIPCION DE MANDOS Y PILOTOS

Veamos los Mandos, Baliza y Pilotos de que se disponen, y para qué sirven cada uno de ellos:

#### 4.3.1 BALIZA Y PILOTOS

En los puntos clave de la Instalación se encuentran una serie de Balizas y Pilotos que según estén apagados, parpadeantes o encendidos tienen un significado diferente.

##### **BALIZA ALARMA (ROJO):**

- APAGADO = ninguna alarma en la Instalación.
- FIJO = instalación parada; alguna zona con alarma.

##### **BALIZA MARCHA (VERDE):**

- APAGADO = proceso de desmoldeado PARADO.
- FIJO = proceso de desmoldeado MARCHA.
- PARPADEANDO = proceso de desmoldeado PAUSADO.

##### **BALIZA MARCHA (NARANJA):**

- APAGADO = instalación sin avisos.
- FIJO = modo MANUAL activo.

##### **PILOTO MARCHA/PARO (VERDE):**

- APAGADO = instalación PARADA.
- FIJO = instalación en MARCHA.
- PARPADEANDO = instalación en PAUSA.

##### **TENSION DE MANDO:**

Simplemente indica que el armario está encendido según el accionamiento del **INTERRUPTOR PRINCIPAL**. **Recordar que el armario solo debe abrirse con dicho Interruptor en posición Apagado (OFF).**

#### 4.3.2 PANTALLA

En la pantalla Simatic encontraremos información sobre los tipos errores y alarmas de la instalación, y dos menús accesibles:

- **MANUAL:** En este menú podremos interactuar con la instalación, ya sea para mover cilindros o conocer el estado de los sensores.
- **INHIBICIONES:** Aquí podremos inhibir sensores en caso de que, por ejemplo, haya una avería en un sensor y podamos ignorarlo y continuar la producción hasta que sea reparado.  
Al inhibir un sensor, nos aparecerá en pantalla información de que está inhibido y la baliza naranja parpadeará para indicar que esta inhibido y es necesaria la reparación.

### 4.3.3 MANDOS CUADRO GENERAL

#### INTERRUPTOR PRINCIPAL

Interruptor que da servicio eléctrico a toda la Instalación.

Su accionamiento es manual que es cortado por las seguridades internas del armario en caso de excesivo consumo.

**Recordar que el armario sólo debe abrirse con dicho Interruptor en posición de Apagado (OFF).**

#### ALARMA GENERAL

Cuando se produce una Alarma general o una alarma de programa, se detiene todo. El piloto **ROJO** de la baliza se enciende y aunque desaparezca la anomalía, la alarma sigue activa en programa hasta que se acciona este pulsador de rearme.

#### PARADA DE EMERGENCIA

**ESTA SETA DE STOP PARA TODA LA INSTALACION.** Existe una en la entrada de carros y otra en la puerta.

***LAS SETAS DE STOP SOLO DEBEN USARSE EN CASO DE PELIGRO CIERTO E INMINENTE, PARA LA INSTALACION Y SOBRE TODO PARA LAS PERSONAS. PARA SITUACIONES DE NECESITAR PARAR SIN HABER PELIGRO USAR EL BOTÓN DE PARO. DE ESTE MODO SE PERDERA MENOS TIEMPO EN LOS REINICIOS.***

### 4.3.4 MANDOS ESPECIFICOS DEL ROBOT

El Robot tiene su propio manual de funcionamiento. En dicho manual se detallan mejor sus mandos, puesta en servicio, etc.

Lo que sí cabe destacar es que la propia pantalla del Robot muestra mensajes del estado de funcionamiento de dicho Robot. También sus pilotos y botones:

#### **INTERRUPTOR PRINCIPAL**

Interruptor que da servicio eléctrico al Robot.

**Recordar que el armario solo debe abrirse con dicho interruptor en posición de Apagado (OFF).**

#### **PILOTO POWER**

Simplemente indica que el Robot está encendido.

#### **PILOTO FAULT**

Robot con Emergencia. No se puede mover el Robot, sus accionamientos están caídos. Ver mensajes de Pantalla.

#### **SELECTOR DE LLAVE**

En el seleccionamos el modo de trabajo del Robot, “Manual T1”, “Manual T2” o “Automático”. No se puede mover el robot si sus accionamientos están caídos.

#### **CONTADOR:**

Indica el número de horas de funcionamiento del Robot. No se puede resetear. Es como el cuentakilómetros de los coches.

#### **SELECTOR DE TEACH**

Tiene dos estados. En “**ON**” habilitamos la consola para poder mover en Manual, modificar programas y datos, etc. En “**OFF**” lo deshabilitamos para poder trabajar en automático. Debe estar en “**OFF**” para que los mandos “**Start Cycle**” o “**Ciclo Automático**” actúen sobre el Robot.

### 4.4 MODOS DE FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT

Como toda máquina industrial, la Instalación en General se puede controlar en dos **MODOS DE FUNCIONAMIENTO, MANUAL Y AUTOMATICO**.

*El selector de llave (del Robot) tiene que estar siempre en posición AUTOMÁTICO.* Solo se posicionara en Manual T1 y T2 cuando sea preciso hacer alguna modificación al programa o para mover el robot.

Ahora bien, en cuanto la instalación no tenga ningún tipo de alarma, pulsaremos el botón **VERDE** de marcha.

En MANUAL Y AUTOMATICO cumplen estas reglas:

- En Manual: sólo se pueden mover los elementos con sus mandos, forzando electroválvulas o accionando manualmente las señales con el TEACH PENDANT y la pantalla Simatic.
- En Automático: la Instalación trabaja de forma autónoma.
- Con Alarma de cualquier tipo, caen todos los modos de trabajo.

#### 4.4.1 PUESTA EN SERVICIO

Imaginemos que nos vamos de fin de semana y se apaga toda la Instalación. Al volver, se ha de poner de nuevo en servicio para trabajar.

Independientemente de que se quedase todo limpio (sin producción, sin bandejas en los carros, etc.) o a medias de trabajar (se corto de repente en un indeterminado momento), al dar corriente en el armario del Robot el efecto será el mismo que si hubiésemos pulsado una Seta de emergencia General. Todo está en alarma e inoperativo.

***Los pasos a seguir son los siguientes:***

- 1- Accionar el Interruptor general del armario eléctrico.
- 2- Accionar el Interruptor de la prensa.
- 3- Esperar aproximadamente 1 minuto para dar tiempo al Robot y al Autómata para iniciarse.
- 4- Verificar que *no haya pulsada ninguna seta de emergencia y, la puerta esté cerrada.*
- 5- Ya está la instalación en Servicio. Sí cuando se desconectó la corriente se había dejado a medias las producciones limpiar la instalación.
- 6- Seleccionar en el Robot el modo **"AUTO"** y verificar que el selector del Teach esté en **"OFF"**.
- 7- Pulsar y soltar el botón de rearme general.
- 8- Si tras varios pulsos de rearme aún está fija la alarma ver mensajes en la pantalla simatic de la instalación, analizar las posibles anomalías que no permiten el rearme y solventarlas.
- 9- Ya esta rearmada la alarma General. Seleccionar el modo de trabajo (normalmente debería ser el Automático).

### 4.4.2 INICIO Y FIN DE PRODUCCION

Como ya se ha dicho, la forma de trabajo para poder desmoldear será la **AUTOMÁTICA**, por lo que será el modo **NORMAL** de trabajo.

Aunque esté el Robot en automático, si no se ha pulsado el botón de **MARCHA** el Robot no se mueve.

#### 4.4.2.1 INICIO DE PRODUCCION

Para poder trabajar, hay que asignar una producción para ello seguiremos *el siguiente procedimiento*:

- 1- Cerciorarse de que **no hay alarmas** y tanto la zona como el Robot están en Automático.
- 2- Poner el selector de llave del cuadro principal **en modo AUTOMÁTICO**.
- 3- Hasta ahora solo hemos asignado la producción, pero aún no está corriendo el programa. Para eso **pulsaremos MARCHA**.
- 4- No es necesario mantenerlo pulsado. El Proceso se ejecuta automáticamente.

#### 4.4.2.2 FIN DE PRODUCCION

Cuando se está en Producción, este estado se mantiene hasta que se desmoldea un carro entero. Igualmente, *se podrá finalizar la producción del carro en cualquier momento pulsando el botón BLANCO de fin de producción*. Por tanto, para comenzar una producción nueva primero se ha de indicar al sistema y al Robot que termine la actual.

*Para finalizar la producción seguiremos los siguientes pasos:*

- 1- Cerciorarse que no hay alarmas y tanto la zona como el Robot están en Automático, es decir el piloto de la **baliza VERDE** esta encendida.
- 2- **Accionar** el botón “**FIN DE PRODUCCIÓN**” (pulsador **BLANCO**).
- 3- El sistema dejará de sacar y prensar bandejas y **el Robot se moverá a su posición INICIAL**.
- 4- Una vez sacado el carro, el sistema resetea los datos de producción.
- 5- Tras esto el Robot espera a que rearmen (pulsador **AZUL**) y coloquen otro carro encima del elevador. Dando justo anteriormente al Botón “**FIN DE PRODUCCIÓN**” (pulsador **BLANCO**) para accionar la electroválvula del TOPE. Cuando el carro esta tocando al Tope, rearmamos de nuevo el sistema y pulsamos el botón **VERDE** de “**MARCHA**”.
- 6- El sistema no da al Robot permiso hasta que no se cerciore de que el carro y las bandejas están en su sitio correcto.

### 4.4.2.3 AUTOMATICO

Después de tener claras las consideraciones anteriores, estando la zona y el Robot en automático validado, y con la producción corriendo, el procedimiento básico para trabajar será el explicado a continuación.

Para hacerlo más fácil lo explicaremos por partes.

#### 4.4.2.3.1 FIJACIÓN DEL CARRO

La mesa elevadora se encarga de fijar el carro en un punto. Para ello antes de nada debemos accionar la electroválvula que hace subir al cilindro Tope, esto se consigue dando a **REARME** (pulsador **ROJO**) si están las seguridades bajadas y a continuación **MARCHA** (**VERDE**) y **FIN DE PRODUCCIÓN** (**BLANCO**). En aquel momento el cilindro tope se extenderá esperando el contacto con el carro.

El operario sitúa el carro pegando al tope mecánico que lleva la mesa elevadora y se sale de la zona de peligro de la instalación.

Ahora bien, pulsamos el Botón de **REARME** (**AZUL**) y esperamos unos instantes hasta que la **Baliza de Alarma ROJA** se apague y la **VERDE** comience a parpadear, estando todas las seguridades rearmadas. Seguidamente pulsamos el Botón de **MARCHA** (**VERDE**) y la **Baliza Automático VERDE** se encenderá fija y empezará todo el proceso de desmoldeo.

Para que el proceso de desmoldeado se inicie, el **carro debe estar muy cerca del tope** que lleva la mesa elevadora. Gracias a un **sensor inductivo**, detectamos que el carro está lo suficientemente cerca para poder elevarlo sin problemas. Si no es así, la **Baliza Automática ROJA** se encenderá, dando alarma y empezaremos de nuevo el ciclo.

Cada vez que tengamos que poner en marcha el proceso se tendrá que pulsar primero al botón de **REARME** (**AZUL**) y seguidamente al de **MARCHA** (**VERDE**).

Una vez colocado el carro entre los baremos que admite el sensor inductivo, con la luz **VERDE** de la **Baliza Automática** encendida, la mesa elevadora se irá levantando y colocando el carro en la posición adecuada para extraer las bandejas.

La mesa tiene dos sensores inductivos en dos de sus guías, estos sensores dictaminan si el carro está completamente apoyado. Si el cilindro elevador llega a su máxima extensión y uno de los dos sensores inductivos (de las guías), no está detectando el carro,



inmediatamente la mesa volverá a su posición inicial y se lo hará saber al operario, poniendo la **Baliza de Alarma ROJA** parpadeando.

Si todo ha ido bien y el carro está perfectamente situado y fijado en la mesa, **tres sensores de medición ópticos**, ubicados en el carro, detectarán si las bandejas están fuera de los límites del carro, pudiendo causar algún golpe en la mordaza cuando el robot se incline a por ella. Si hay bandejas mal colocadas se apagará la **Baliza VERDE** y se encenderá la **Baliza de Alarma ROJA** parpadeando. Estos sensores evitarán las posibles colisiones durante todo el proceso de desmoldeo.

Con todo ello, el operario tendrá que entrar en la instalación y posicionar debidamente las bandejas que estén sobresalidas. Volviendo a pulsar los botones de **REARME (AZUL)** y **MARCHA (VERDE)** para continuar con el proceso.

### 4.4.2.3.2 PRENSADO

Cuando el carro y las bandejas estén en una posición adecuada, el Robot iniciará el trayecto para ir a por las primeras bandejas del carro, encendiéndose la **Baliza VERDE**.

Se posicionará en frente del carro y extraerá las bandejas del carro. A continuación el Robot dará la vuelta a las bandejas y las colocará encima de la parrilla de la prensa. Sin soltar las bandejas las introducirá dentro de la prensa, y esta comprimirá los moldes de hielo sacándolos y dejándolos caer por una lona hasta la tolva.

Cuando los cilindros de la prensa lleguen a su posición más concentrada, dará la señal para que el robot extraiga las bandejas ya vacías de la prensa.

A continuación transportará las bandejas dándolas la vuelta y las ubicará en el mismo sitio en el carro.

Si en todo el proceso de extracción de bandejas, ninguna bandeja ha quedado fuera del límite del carro, el proceso seguirá hasta que vacíe de hielo todas las bandejas. Si por el contrario a movido alguna de las bandejas cercanas a las que ha desmoldeado, los sensores que están en el elevador darán alarma, encendiendo la **Baliza ROJA**.

El operario deberá entrar en la instalación y colocar las bandejas; dirigirse de nuevo a la botonera, dar a **REARME** y seguidamente a **MARCHA**, para que continúe el proceso de desmoldeo, encendiéndose la **Baliza VERDE**.

Cuando haya acabado con todo el carro la **Baliza ROJA** se encenderá. Con esto hará saber al operario que el ciclo ha terminado; que debe volver a colocar un carro en el elevador para que el proceso vuelva a empezar.

Si en algún momento el operario necesita terminar con el prensado de las bandejas de ese carro, deberá dar “**Fin de Producción**” (pulsador BLANCO).

El Robot irá a la posición de **ESPERA** o **INICIO** cuando esté prensado todo el carro o después de que indiquen “**Fin de Producción**”.

### 4.4.3 MANUAL

En condiciones normales se trabaja en Modo Automático, y consecuentemente, los mandos Manuales no son necesarios.

No obstante, para salir de alguna anomalía y para ayudar al personal de mantenimiento en pruebas y ajustes tras una intervención sí que es bueno poder mover cada elemento de campo individualmente y por tanto si son necesarios los mandos manuales; y por esta misma circunstancia los mandos manuales sólo obedecen en MANUAL, NUNCA EN AUTOMÁTICO.

Todos los elementos de la instalación podrán moverse accionando las señales en el TEACH PENDANT.

### 4.5 COLISION DEL ROBOT.

Si el robot colisiona con la prensa o el carro en algún momento del proceso de desmoldeado:

- **Habilitar el movimiento manual:** Llave de armario a movimiento manual. Habilitar Deadman (hombre muerto) y resetear los errores para posibilitar el movimiento manual del robot.  
Pulsando la **tecla COORDENADAS** del teach pendant cambiaremos el movimiento a **USER**. A velocidad baja liberar los obstáculos (en general será retroceder el robot; mover en +-Y o +-X) y solucionar el problema o quitar el objeto que estorbe.
- **Si es necesario se pueden mover los elementos** con sus mandos, forzando electroválvulas o accionando manualmente las señales con el TEACH PENDANT.
- Reemprender la marcha a velocidad baja y observar la evolución. Es decir **llave del cuadro a automático. Velocidad 5 o 10%**, resetear errores y arrancar. El Robot irá al punto donde se quedó y a partir de ahí seguirá su trabajo.
- Una vez solucionado el problema, deberemos dejar el robot mas o menos en el lugar donde colisiono; dando a las señales que hayan sido modificadas el valor que tenían justo antes de la parada forzada.

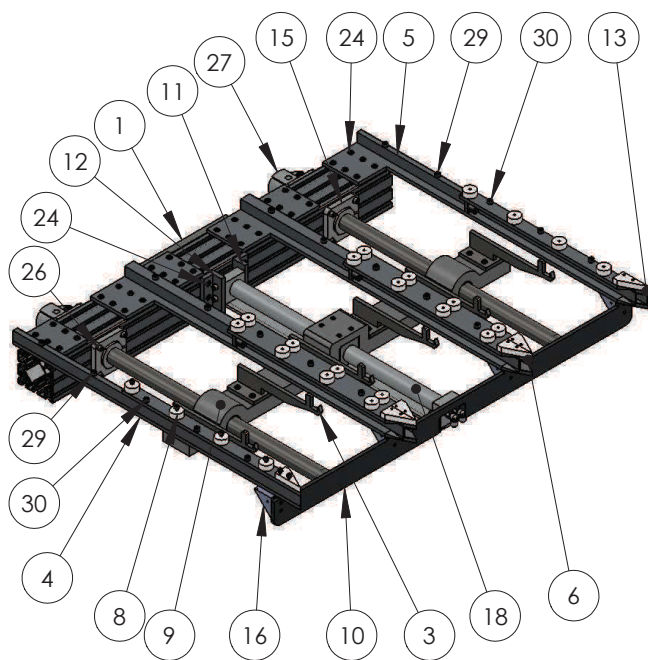
Si el comportamiento no es el esperado Realizar un Inicio Limpio.

### 4.6 PROBLEMAS Y SOLUCIONES MÁS COMUNES

PROBLEMAS	SOLUCION
NO REARMA NADA DE LA INSTALACION.	Comprobar que las Setas de Stop estén desenclavadas y las barreras enfocadas.
TRAS UN TIEMPO AL REARMAR VUELVE A SALTAR LAS ALARMAS.	Alguna señal está fallando y no completa alguna maniobra. Ver los mensajes en pantallas para determinar que está fallando y subsanarlo.
TODO ESTA CORRECTO EN AUTOMATICO PERO EL ROBOT NO SE MUEVE Y NO INICIA EL CICLO DE DESMOLDEO.	Comprobar que el Robot no está posicionado en el sitio que debería. Puede ocurrir siempre que se valla la luz. Llevar a el Robot al PUNTO INICIAL.
TODO ESTA OK PERO EL ROBOT NO SE MUEVE AUNQUE HAYA BANDEJAS PARA RECOGER.	Comprobar que el robot no esté en fallo. Si está bien, comprobar que esté en automático y corriendo su programa. Comprobar que el TEACH no esté en STEP.
NO HAY ALARMAS PERO SE HA PARADO EN MEDIO DEL PROCESO	Comprobar los sensores de los carros. Comprobar el sensor de la tolva.
LOS ELEMENTOS NEUMATICOS E HIDRÁULICOS ACTUAN LENTO Y DAN PROBLEMAS	Comprobar la presión general de aire y las conducciones. Mirar la estrangulación en las electroválvulas.
EL ELEVADOR NO SUBE Y/O BAJA	Comprobar si los sensores inductivos reciben la señal de que el carro esta bien colocado.
EL ROBOT SE CHOCA REPETIDAS VECES CON EL MISMO CARRO.	Comprobar las dimensiones del carro y el estado de las guías del elevador ( la presencia de hielo en ellas, alguna deformación,...)
EL ROBOT NO COGE BIEN LAS BANDEJAS	Llevar el robot a posición de mantenimiento y comprobar el estado mecánico y neumático del sistema. Garfios, cilindros, guías,...

## **Anexo II:**

# **Planos mecánicos**



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 012 01 00 00 Implemento Asturias	1
2	011 012 02 00 00 Perfil 1140	1
3	011 012 03 00 00 CONJUNTO GARFIO	6
4	011 012 04 00 00 Guía CD	1
5	011 012 05 00 00 Guía CI	1
6	011 012 06 00 00 Guía D	2
7	011 012 07 00 00 Metraqulato	3
8	011 012 08 00 00 Elongacion	24
9	011 012 09 00 00 Desplazador D40	1
10	011 012 10 00 00 refuerzo horizontal	1
11	011 012 11 00 00 Soporte I	1
12	011 012 12 00 00 Soporte D	1
13	011 012 13 00 00 Esquinera	6
14	011 012 14 00 00 Eje 40x960	2
15	011 012 15 00 00 FS4042 Cortado	2
16	011 012 16 00 00 KW_G_4_024101_50_60	4
17	011 012 17 00 00 COJINETE LINEAL	4
18	011 012 20 00 00 A_CY3RG40_600_0	1
19	Arandela de presión DIN 128 - A6	6
20	DIN 6905-5.5-FSt	4
21	DIN 6907-7.4	124
22	DIN 912 M6 x 20 --- 20S	4
23	DIN 912 M6 x 30 --- 30N	6
24	DIN 912 M8 x 16 --- 16N	58
25	DIN 912 M8 x 20 --- 20N	6
26	DIN 912 M8 x 25 --- 25N	40
27	FS4042	2
28	Hexagon Nut ISO 4034 - M8 - N	6
29	ISO 4762 M8 x 40 --- 28N	8
30	ISO 4762 M8 x 50 --- 28N	12
31	RacordCodo14M8	2

Material:

Fecha

Cantidad:

02/06/2011

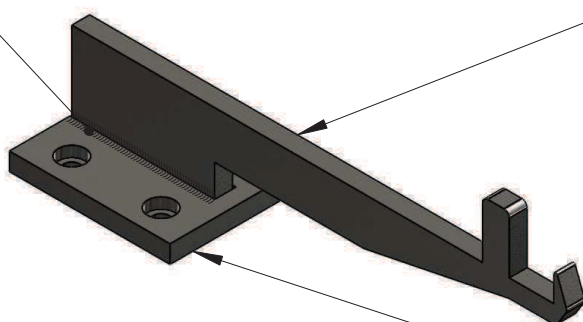
011 012 00 00 00 MORDAZA ASTURIAS

Hoja 1 de 1

011 012 00 00 00 MORDAZA ASTURIAS



UNIÓN  
SOLDADA



011 012 03 01 00 Garfio

011 012 03 02 00 Base Garfio

Material:

Fecha

Cantidad:

02/06/2011

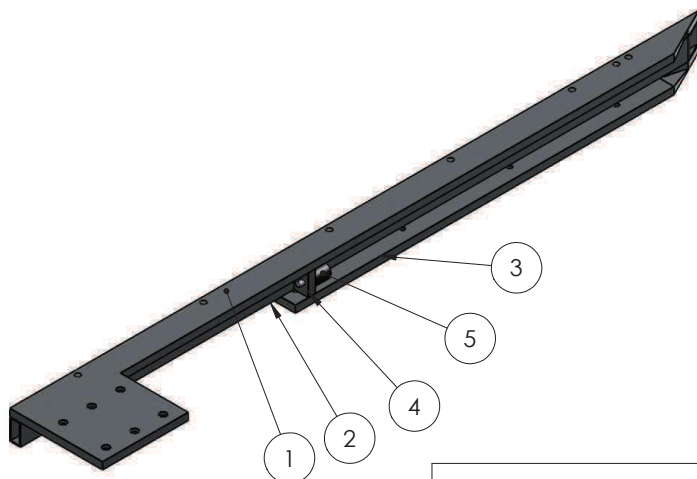
011 012 03 00 00 CONJUNTO GARFIO

Hoja 1 de 3

011 012 03 00 00 CONJUNTO GARFIO

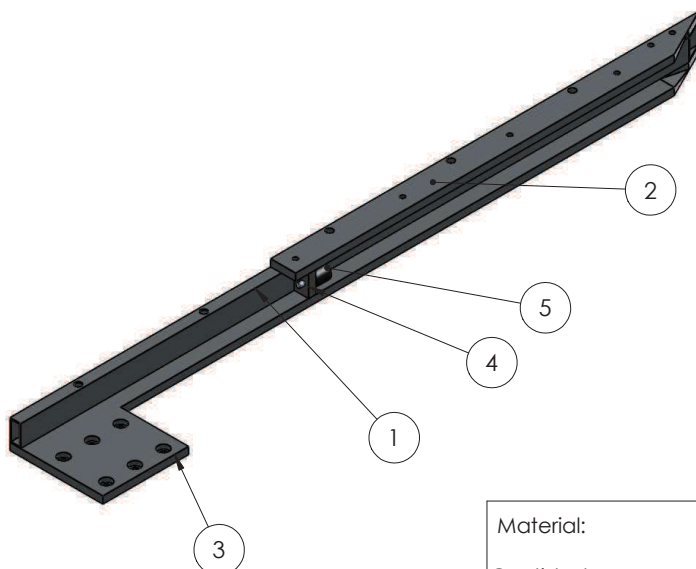


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 012 04 01 00 PLACA L CD	1
2	011 012 04 02 00 Tubo3x15x30x965 CD	1
3	011 012 04 03 00 Espada CD	1
4	011 012 19 00 00 PortaSilentBlock	1
5	011 012 18 00 00 SilentBlock	1



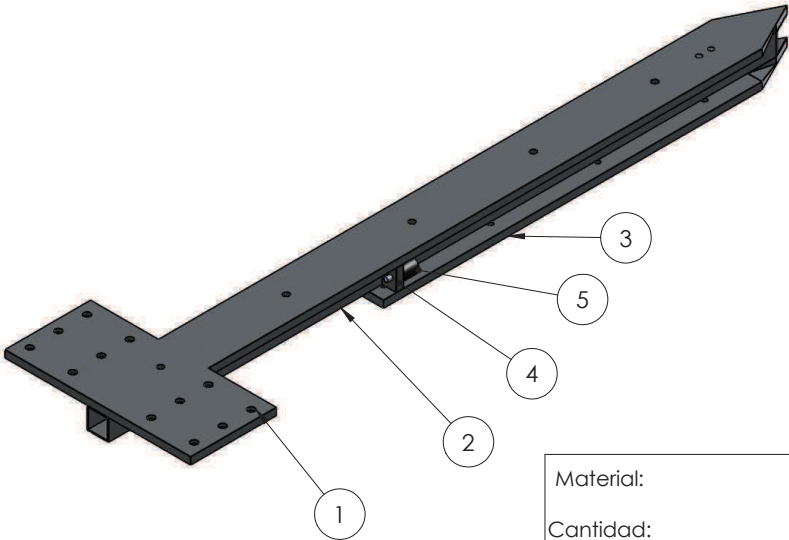
Material:	Fecha	
Cantidad:	02/06/2011	
011 012 04 00 00 GuiaCD		
Hoja 1 de 4		
011 012 04 00 00 GuiaCD		

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 012 05 02 00 Tubo3x15x30x965 CI	1
2	011 012 05 03 00 Espada CI	1
3	011 012 05 01 00 PLACA L CI	1
4	011 012 19 00 00 PortaSilentBlock	1
5	011 012 18 00 00 SilentBlock	1



Material:	Fecha	
Cantidad:	02/06/2011	
011 012 05 00 00 Guia CI		
Hoja 1 de 4		
011 012 05 00 00 Guia CI		

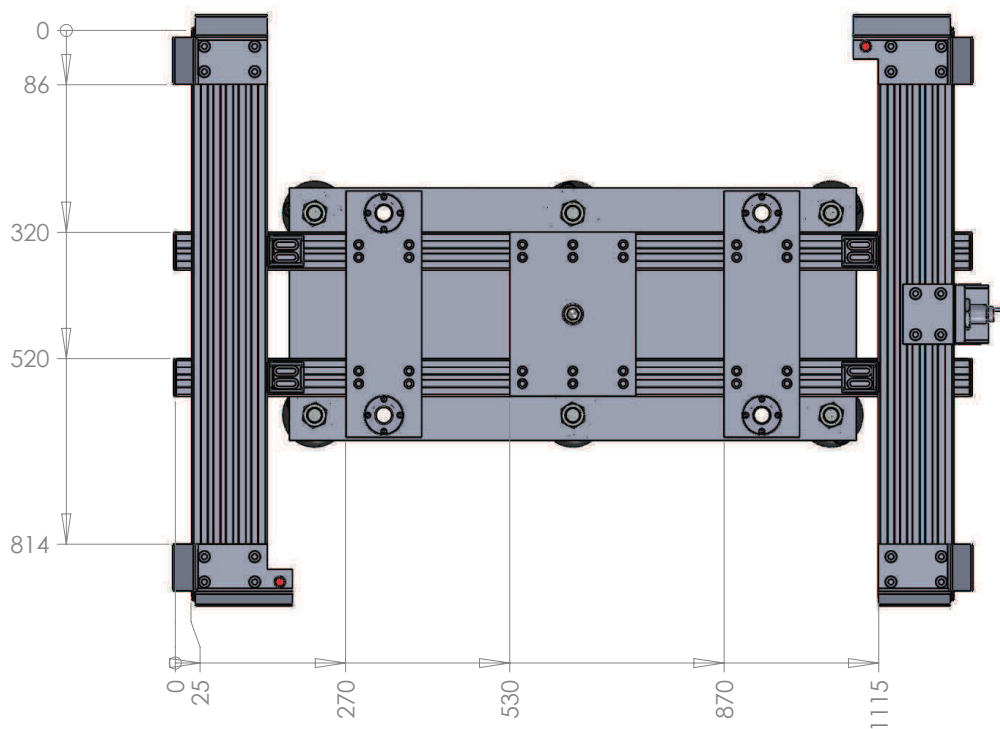
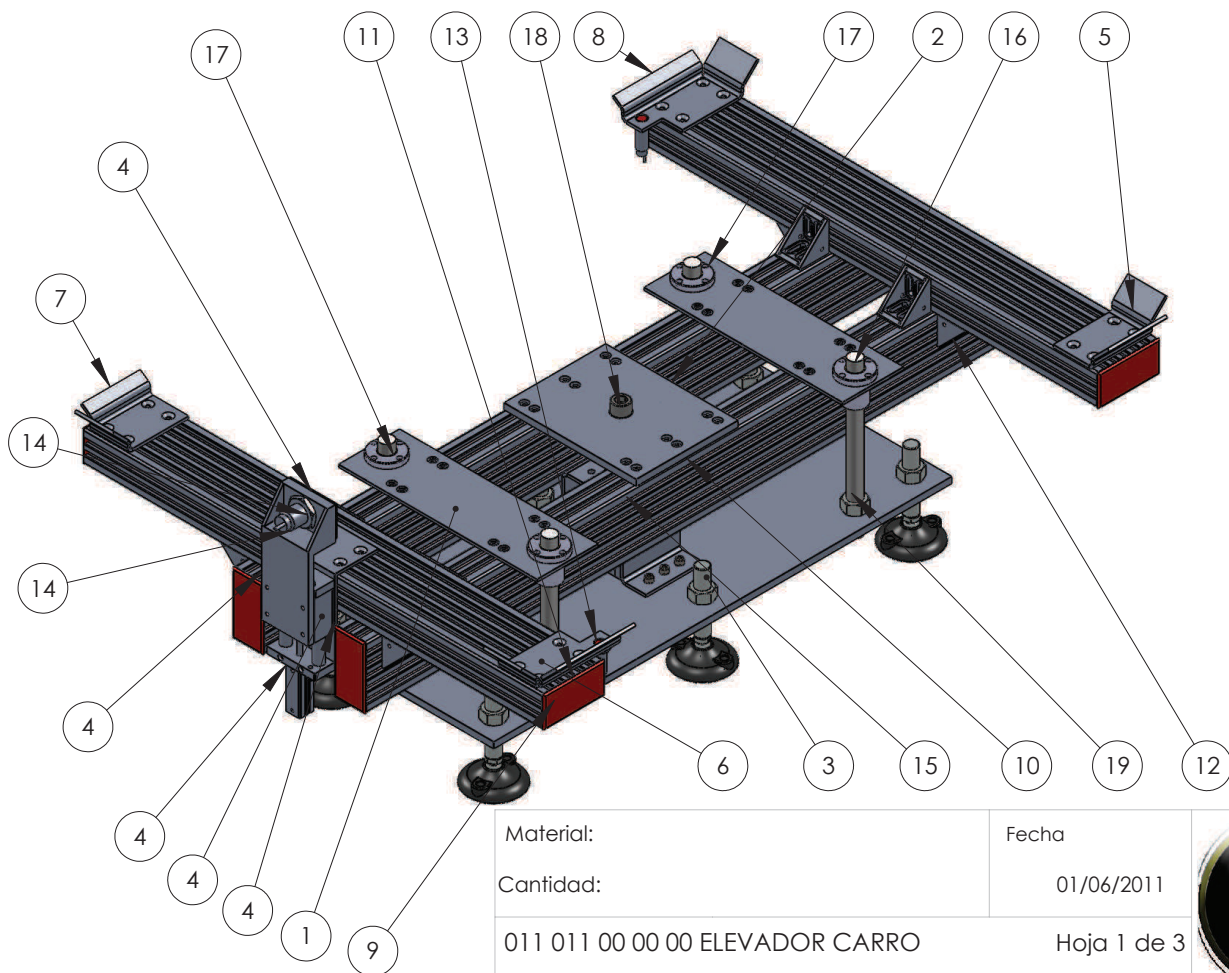
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 012 06 01 00 Placa L D	1
2	011 012 06 02 00 Tubo3x15x30x965 D	1
3	011 012 06 03 00 Espada D	1
4	011 012 19 00 00 PortaSilentBlock	2
5	011 012 18 00 00 SilentBlock	2



Material:	Fecha
Cantidad:	02/06/2011
011 012 06 00 00 Guia D	Hoja 1 de 4
011 012 06 00 00 Guia D	







Material:	Fecha
Cantidad:	01/06/2011
011 011 00 00 00 ELEVADOR CARRO	Hoja 2 de 3
011 011 00 00 00 ELEVADOR CARRO	





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 011 01 00 00 SOPORTE COJINETE GUIA	2
2	011 011 02 00 00 PLACA CILINDRO ELEVADOR	1
3	011 011 03 00 00 SOPORTE CILINDRO ELEVADOR	1
4	011 011 04 00 00 CONJUNTO TOPE	1
5	011 011 05 00 00 GUIAS CARRO ATRAS	1
6	011 011 06 00 00 GUIAS SENSOR ATRAS	1
7	011 011 07 00 00 GUIA CARRO DELANTE	1
8	011 011 08 00 00 GUIAS SENSOR DELANTE	1
9	011 011 09 00 00 PERFIL 60x120x900	2
10	011 011 10 00 00 PERFIL 60x120x1260	2
11	011 011 11 00 00 TAPA 60x120	8
12	011 011 13 00 00 ESCUADRA F-60	12
13	011 011 14 00 00 SENSOR M-18	2
14	011 011 15 00 00 SENSOR M-30	1
15	011 011 16 00 00 CILINDRO HIDRÁULICO CHKGB 50-75	1
16	011 011 17 00 00 EJE GUIA	4
17	011 011 18 00 00 COJINETE BRIDA REDONDA FJUM-01-25	4
18	JIS B 1176 M20 x 45 (45) --N	1
19	Tuerca-DIN934(M24)	8

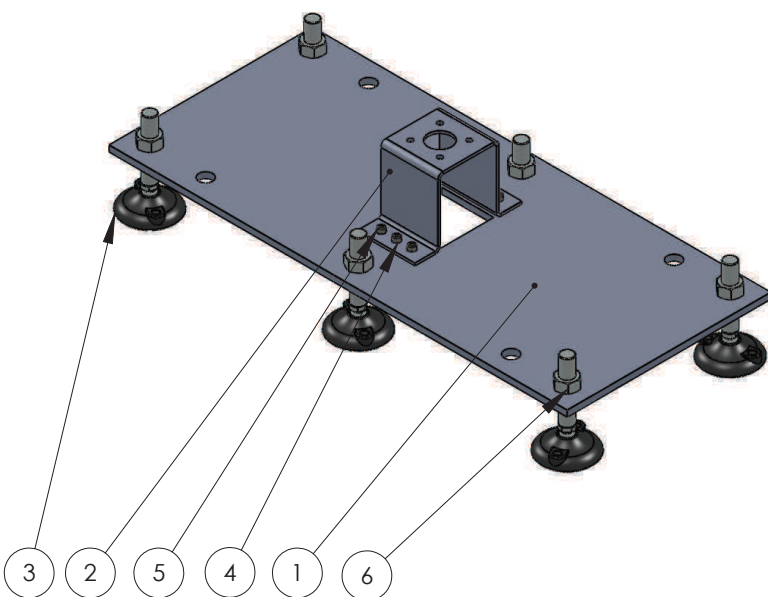
011 011 00 00 00 ELEVADOR CARRO

Hoja 3 de 3

011 011 00 00 00 ELEVADOR CARRO



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 011 03 01 00 PLACA SOPORTE GUIAS	1
2	011 011 03 02 00 CHAPA ANCLAJE CILINDRO	1
3	011 011 03 03 00 AVE 8754546	6
4	DIN 6907-7.4	6
5	DIN 912 M8 x 20 --- 20N	6
6	Tuerca-DIN934(M24)	12



Material:

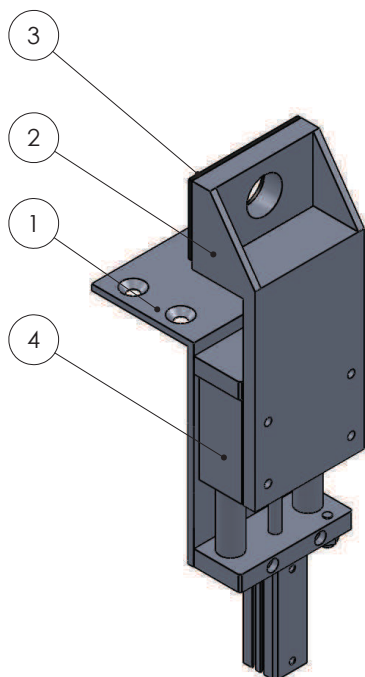
Fecha

Cantidad:

01/06/2011

011 011 03 00 00 SOPORTE CILINDRO ELEVADOR





N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 011 04 01 00 SUJECCIÓN CILINDRO TOPE	1
2	011 011 04 02 00 TOPE	1
3	011 011 04 03 00 GOMA TOPE	1
4	011 011 04 04 00 CILINDRO NEUMÁTICO CXTM 16-50	1

Material:

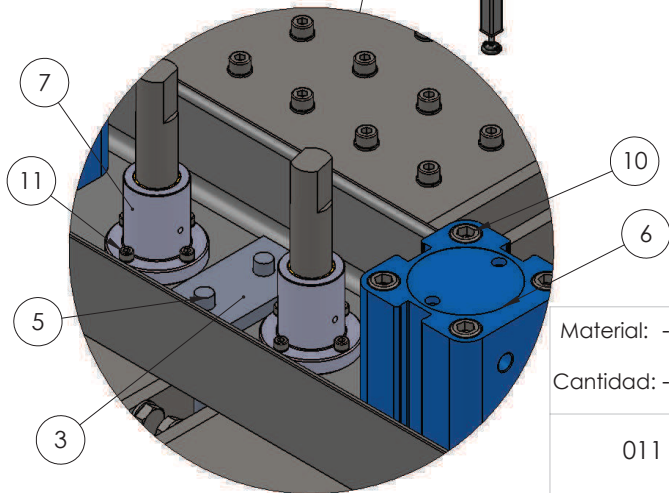
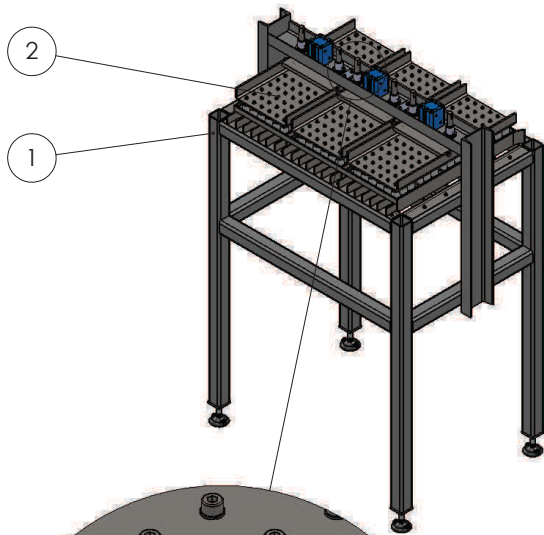
Fecha

Cantidad:

01/06/2011

011 011 04 00 00 CONJUNTO TOPE





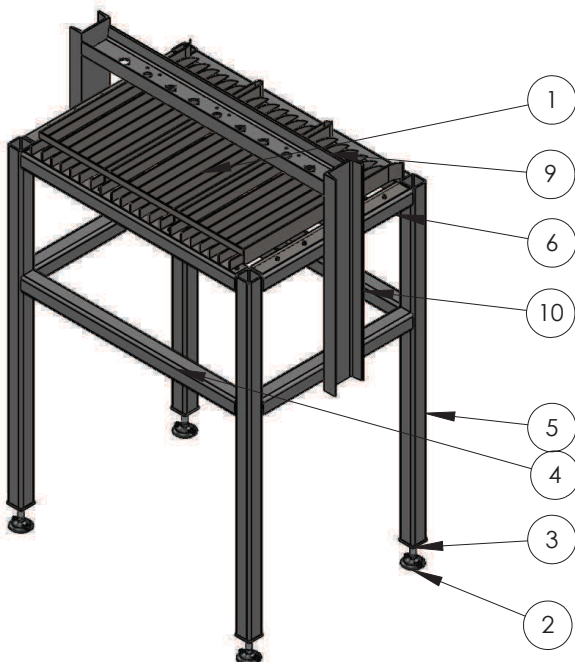
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 013 01 00 00 ESTRUCTURA	1
2	011 013 02 00 00 PRENSA	3
3	011 013 03 00 00 PLETINA A	2
4	011 013 04 00 00 PLETINA B	2
5	011 013 05 00 00 VARILLA ROSCADA	4
6	011 013 06 00 00 SMC CHKGB63X35H	3
7	011 013 07 00 00 IGUS FJUM-01-25	6
8	DIN 6905-11-FSt	12
9	DIN 6905-4.55-FSt	24
10	DIN 912 M12 x 110 --- 36S	12
11	DIN 912 M5 x 20 --- 20S	24
12	GB_FASTENER_BOLT_HHBPTFT B M27X2X55-S	3

Material: -  
Cantidad: -

miércoles, 01 de junio de 2011  
Fecha

011 013 00 00 00 PRENSA ASTURIAS

HOJA 1 DE 1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 013 01 01 00 PARRILLA	1
2	011 013 01 02 00 AVE 8754546	4
3	011 013 01 03 00 BASEPATA	4
4	80 x 80 x 6.3x1200	4
5	80 x 80 x 6.3x1721	4
6	80 x 80 x 6.3x840	4
7	DIN 6905-7.4-FSt	14
8	DIN 912 M8 x 12 --- 12S	14
9	U160x65x1360	1
10	U160x65	2

Material:  
Cantidad:

Fecha  
01/06/2011

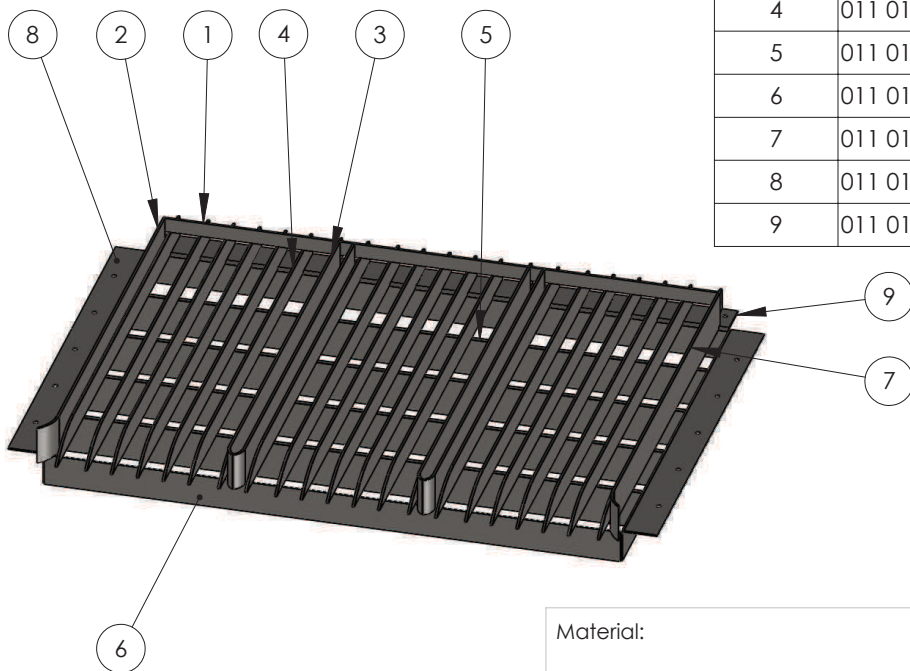
011 013 01 00 00 ESTRUCTURA

Hoja 1 de 3

011 013 01 00 00 ESTRUCTURA



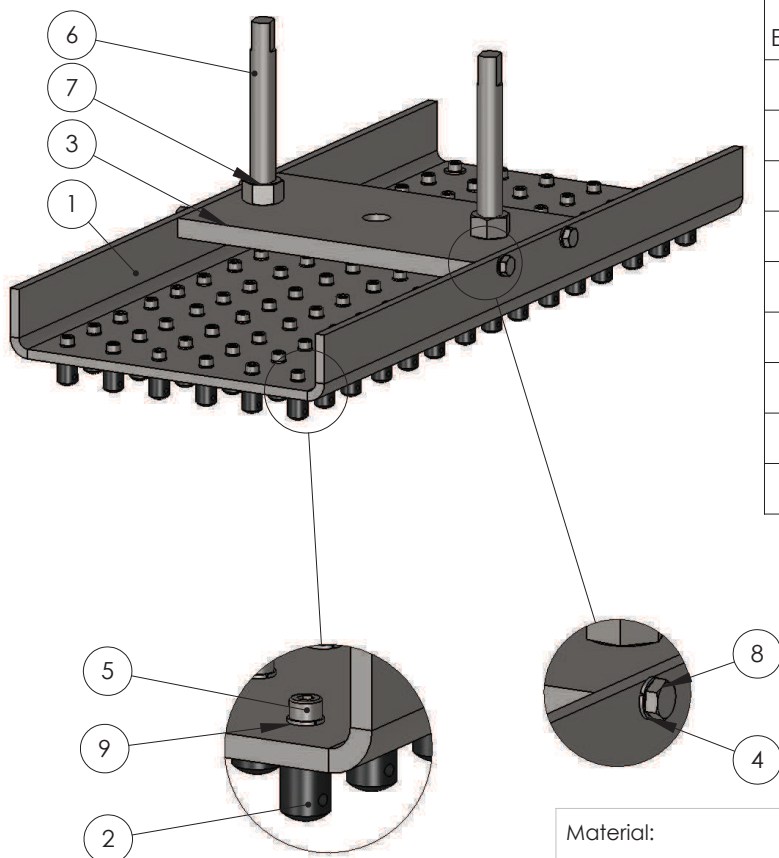
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 013 01 01 01 TOPETRASERO	1
2	011 013 01 01 02 GUIA A	1
3	011 013 01 01 02 GUIA A	4
4	011 013 01 01 03 SOPORTECUBITERA A	21
5	011 013 01 01 04 SOPORTECUBITERA B	4
6	011 013 01 01 06 PLANCHAUNION B	1
7	011 013 01 01 09 GUIA B	1
8	011 013 01 01 05 PLANCHAUNION A	2
9	011 013 01 01 07 PLANCHAUNION C	1



Material:	Fecha
Cantidad:	01/06/2011
011 013 01 01 00 PARRILLA	Hoja 1 de 11
	011 013 01 01 00 PARRILLA



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	011 013 02 01 00 PORTATETONES	1
2	011 013 02 02 00 TETON	90
3	011 013 02 04 00 PLACAMONTAJE	1
4	Arandela de presión DIN 128 - A12	5
5	DIN 912 M8 x 20 --- 20S	90
6	EJE W	2
7	Hexagon Nut ISO 4032 - M24 - W - N	4
8	ISO 8765 - M12x1.5 x 50 x 30-N	4
9	Spring washer DIN 128 - A8	89

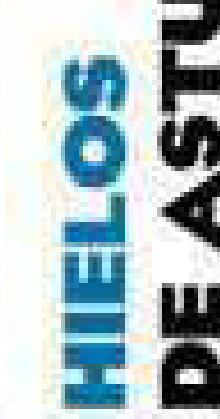


Material:	Fecha
Cantidad:	01/06/2011
011 013 02 00 00 E. PRENSADO	Hoja 1 de 5
	011 013 02 00 00 PRENSA



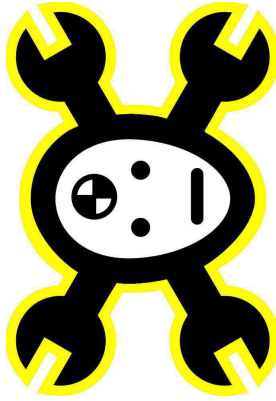
## **Anexo III:**

# **Esquemas eléctricos**

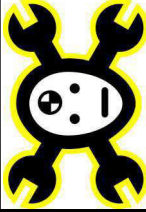


# Desmoldeador Hielos de Asturias

# Esquema eléctrico



Drawing	Function	Location	Revision	Date	Origin	Designation	Folder mark	Folder designation
03	F1	L1	0	26/04/2011 10:44:31	Alex	Drawing list		
10	F1	L1	0	26/04/2011 10:45:02	Alex	Potencia	1	Cuadro principal
11	F1	L1	0	26/04/2011 13:09:40	Alex	Automata + PME de Seguridad	1	Cuadro principal
12	F1	L1	0	26/04/2011 13:34:52	Alex	Entradas de Seguridad	1	Cuadro principal
13	F1	L1	0	27/04/2011 13:43:27	Alex	Salidas y Relé de Seguridad	1	Cuadro principal
14	F1	L1	0	26/04/2011 13:34:55	Alex	PME	1	Cuadro principal
15	F1	L1	0	26/04/2011 13:35:45	Alex	Entradas	1	Cuadro principal
16	F1	L1	0	26/04/2011 13:36:55	Alex	Salidas	1	Cuadro principal
17	F1	L2	0	11/07/2011 9:59:00	Alex	Modulo IO-LINK	1	Cuadro principal
20	F1	L2	0	01/08/2011 17:55:55	Alex	Botonera 1 y 2	2	Regleteros
21	F1	L1	0	02/08/2011 17:48:47	Alex	Salidas y Relé de Seguridad	2	Regleteros
22	F1	L1	0	02/08/2011 17:48:50	Alex	Puerta	2	Regleteros
23	F1	L1	0	02/08/2011 17:49:00	Alex	Entradas reserva	2	Regleteros
24	F1	L1	0	02/08/2011 17:49:47	Alex	Barrera de Seguridad	2	Regleteros
25	F1	L1	0	02/08/2011 17:49:52	Alex	Baliza	2	Regleteros
26	F1	L1	0	02/08/2011 17:50:21	Alex	Salidas reserva	2	Regleteros
27	F1	L1	0	02/08/2011 17:50:35	Alex	IO- LINK Comunicacion y Potencia	2	Regleteros
30	F1	L2	0	04/05/2011 16:05:04	Alex	Mordaza Robot	3	Exterior
31	F1	L3	0	26/04/2011 13:37:16	Alex	Prensa	3	Exterior
32	F1	L4	0	26/04/2011 13:37:19	Alex	Elevador	3	Exterior
50	F1	L3	0	04/05/2011 9:12:55	Alex	Hidráulica	5	Hidráulica / Neumática
51	F1	L1	0	04/05/2011 16:58:59	Alex	Neumática	5	Hidráulica / Neumática



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

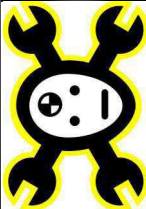
Drawing list

REVISION	0
SCHEME	03

0	26/04/2011	Alex
REV.	DATE	NAME
CHANGES		
Drawing date		
User data 3		







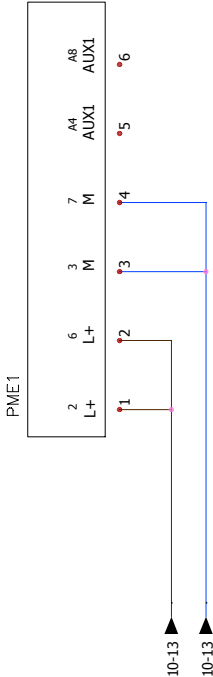
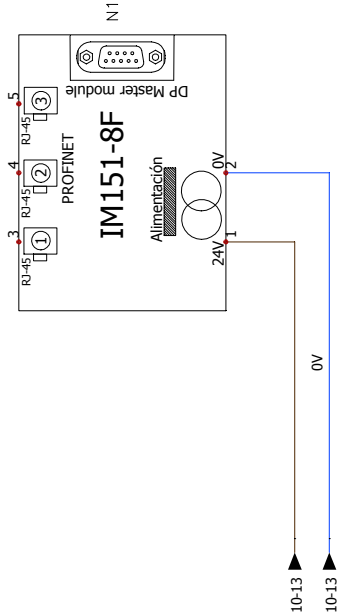
Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

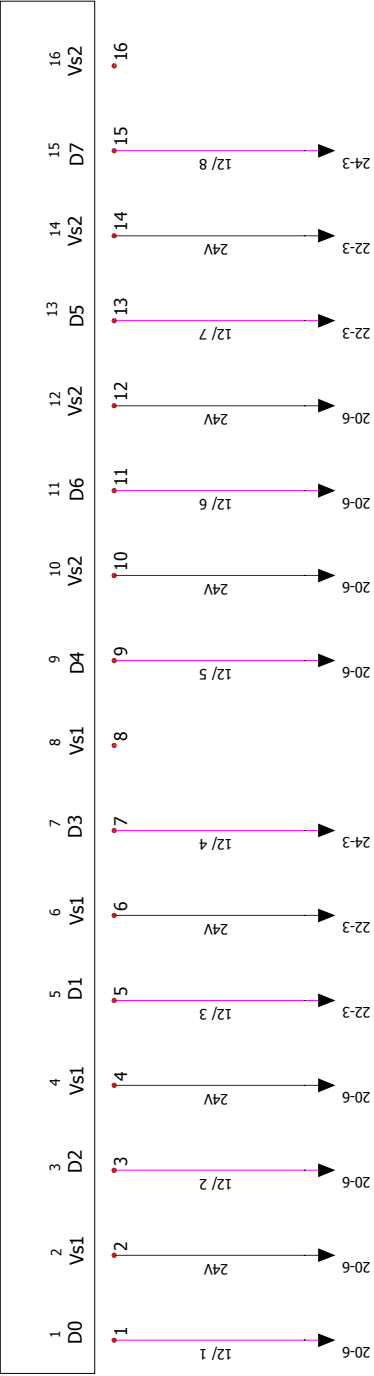
Automata + PME de Seguridad



REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	26/04/2011	Alex	User data 3
Drawing date			

REVISION	0
SCHEME	11

FD11



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

Entradas de Seguridad

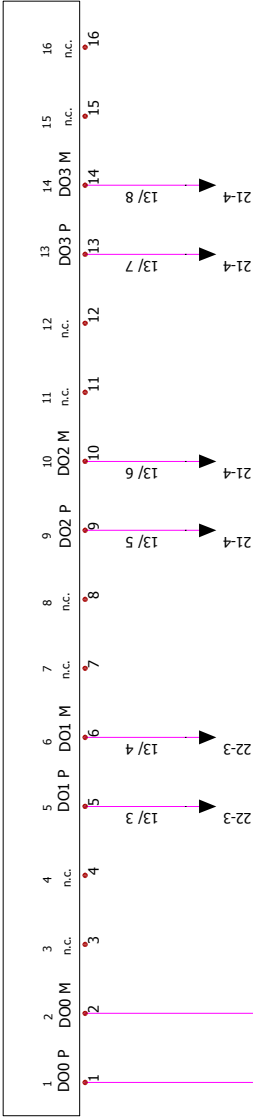
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

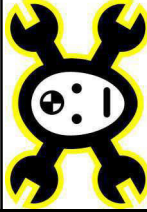
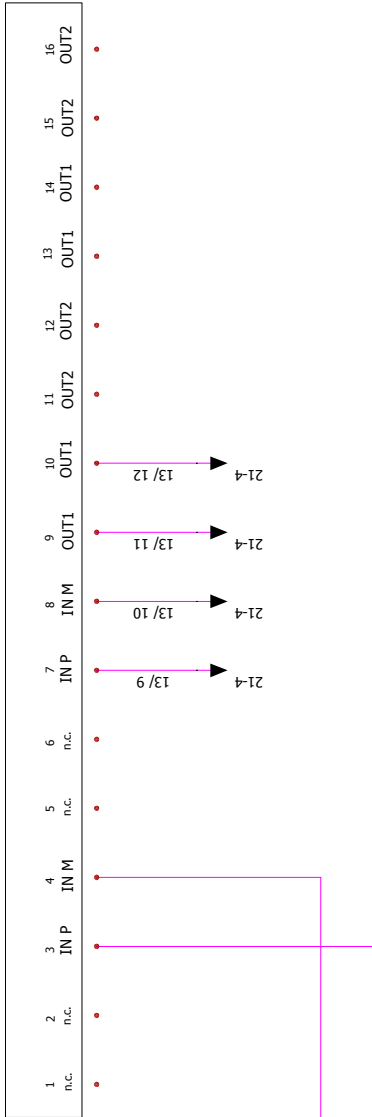
Cuadro Principal

REVISION	0
SCHEME	12

FDO1



FRO1



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

# Salidas y Relé de Seguridad

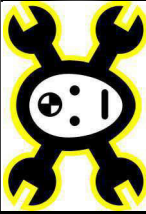
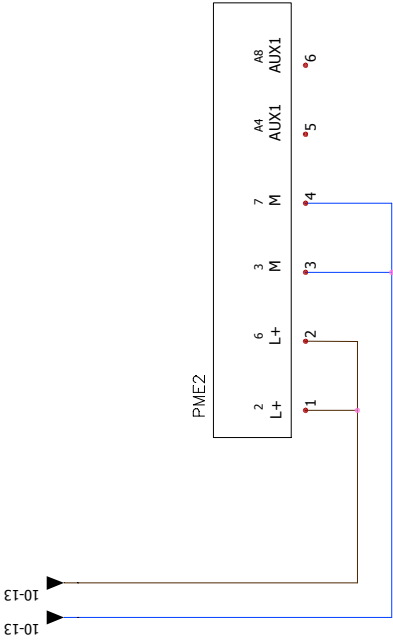
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

REVISION	0
SCHEME	13

REV.	0	DATE	27/04/2011	NAME	Alex
CHANGES			User data 3		

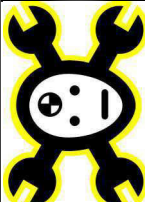
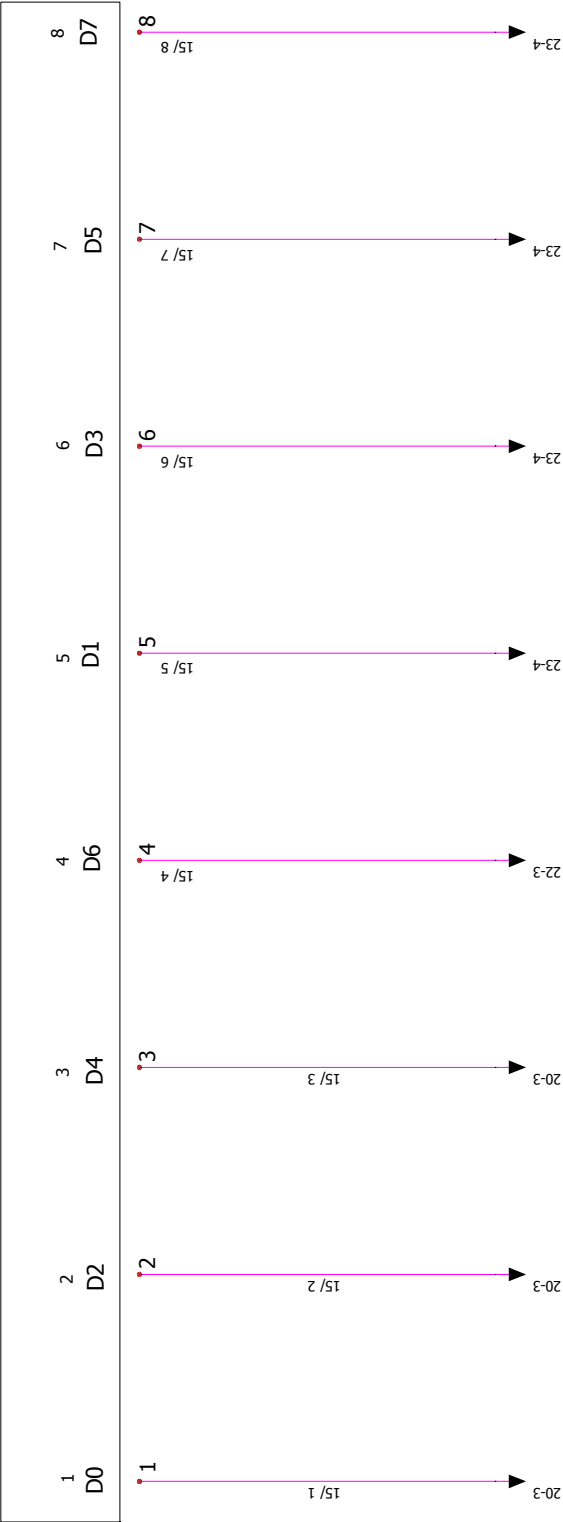


Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

PME

REVISION							
0							
SCHEME							
14							
REV.		0	26/04/2011	Alex	CHANGES		
Drawing date			DATE	NAME	User data 3		

8D|1



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

# Entradas

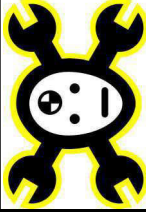
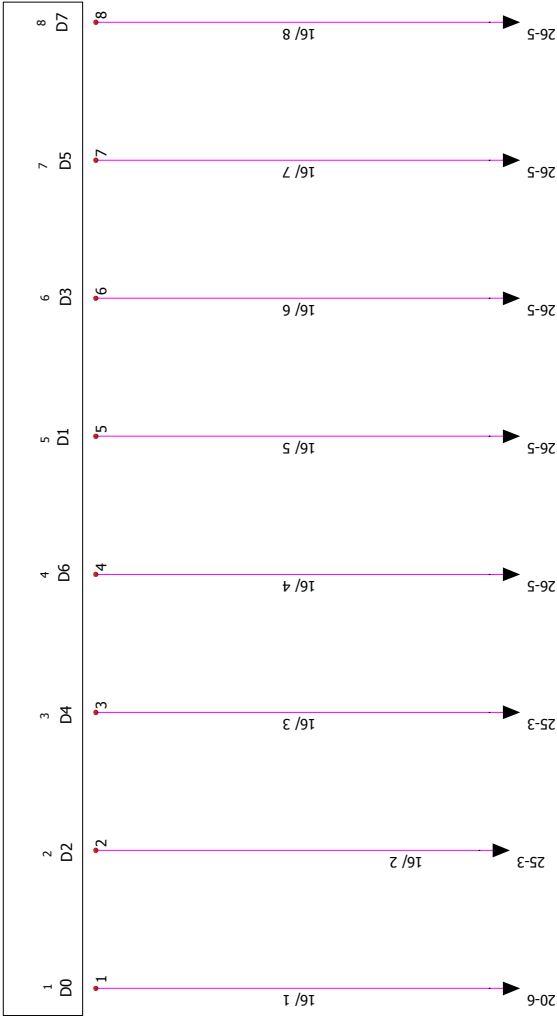
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

REVISION			
0			
SCHEME			
15			
REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	26/04/2011	Alex	
Drawing date			User data 3

8DO1



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

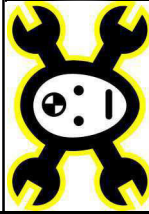
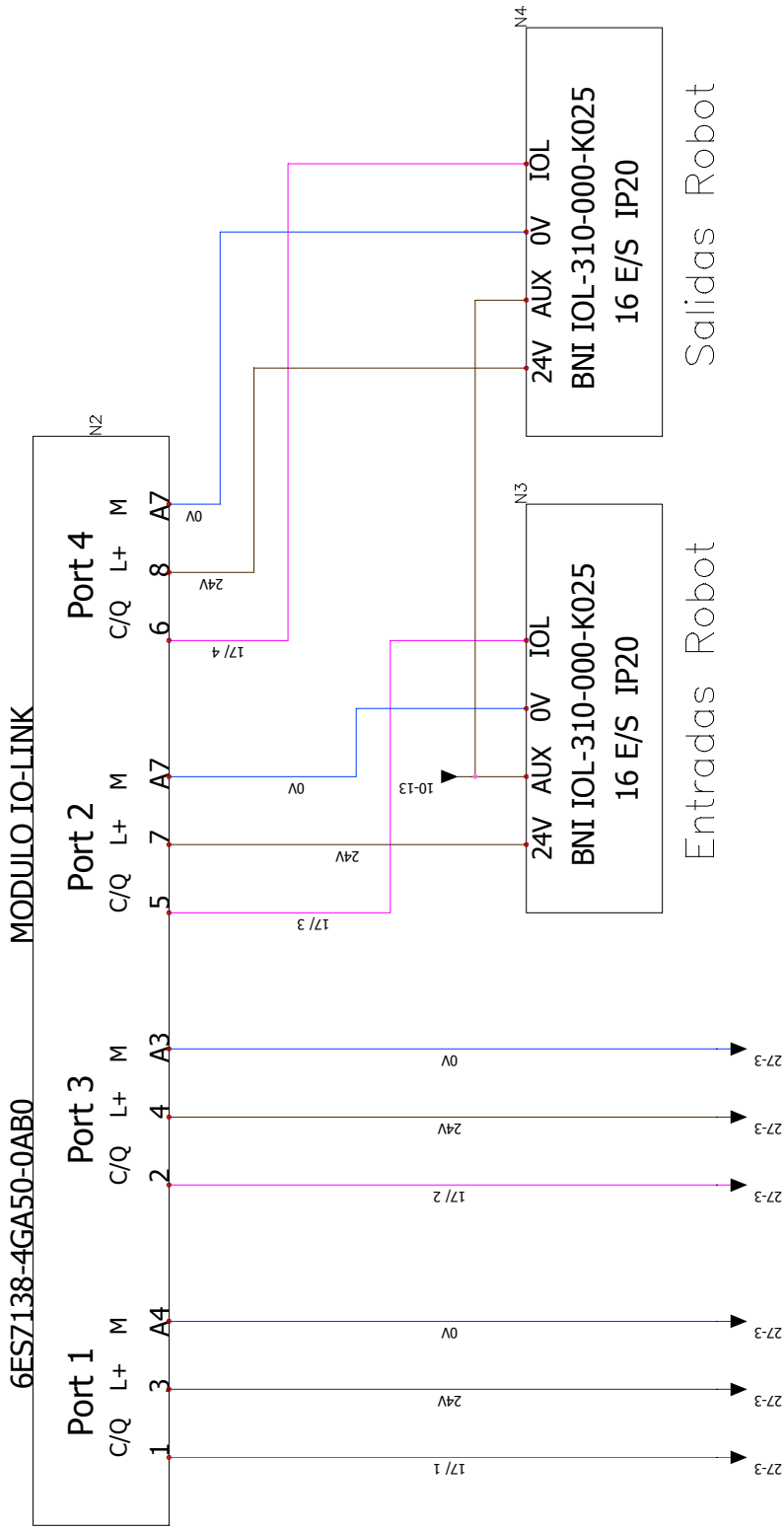
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

Salidas

						REVISION
						0
						SCHEME
						16
REV.	0	26/04/2011	Alex	NAME	CHANGES	



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

CONTRACT Nº :

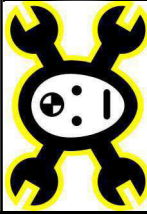
LOCATION:      L2

Exterior

## Modulo IO-LINK

REVISION	0
SCHEME	17

REV.	0	DATE	11/07/2011	NAME	Alex
CHANGES	User data 3				



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

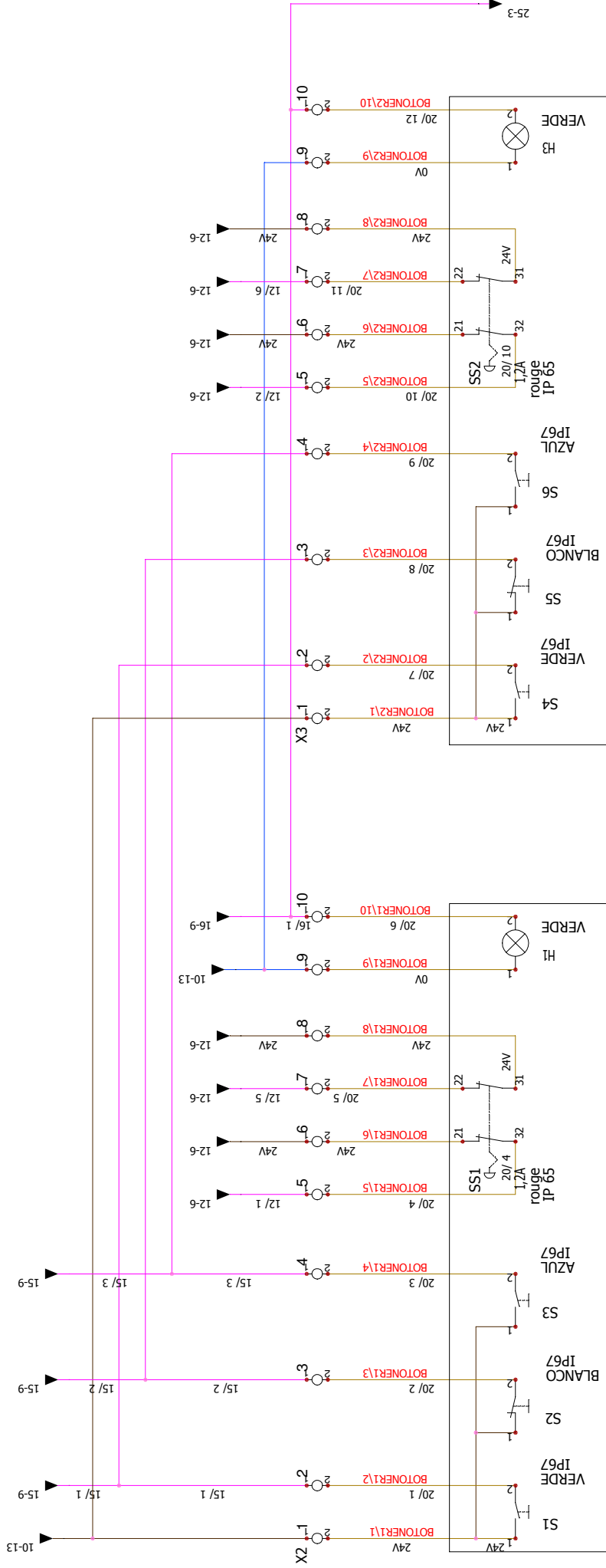
## Botonera 1 y 2

CONTRACT Nº :

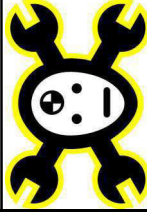
LOCATION: L2

Exterior

REVISION	0	01/08/2011	Alex	CHANGES
SCHEME	20	REV.	DATE	NAME
Drawing date				User data 3







Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

# Salidas y Relé de Seguridad

CONTRACT Nº :

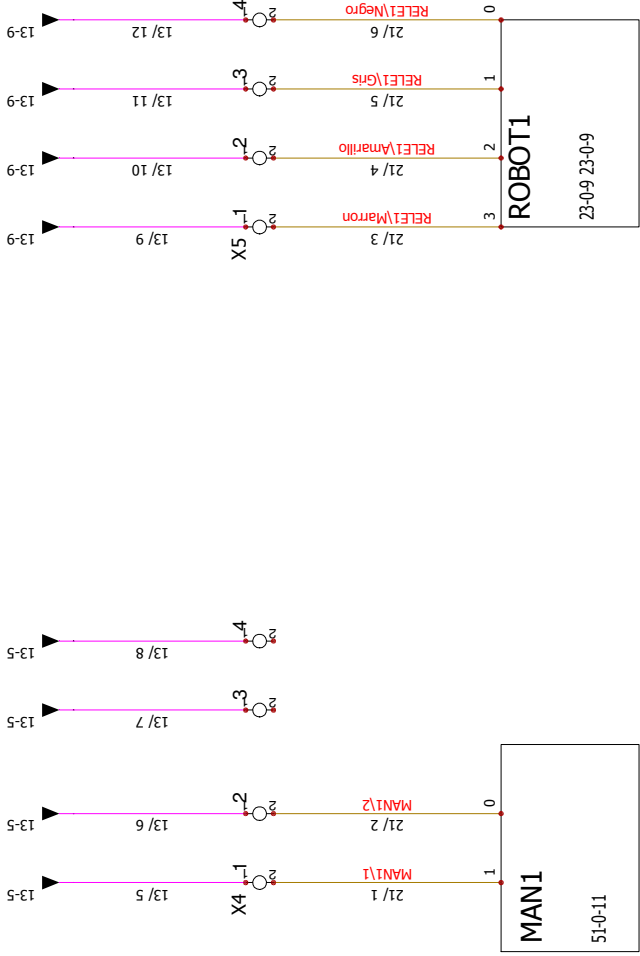
LOCATION:

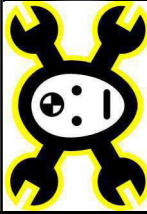
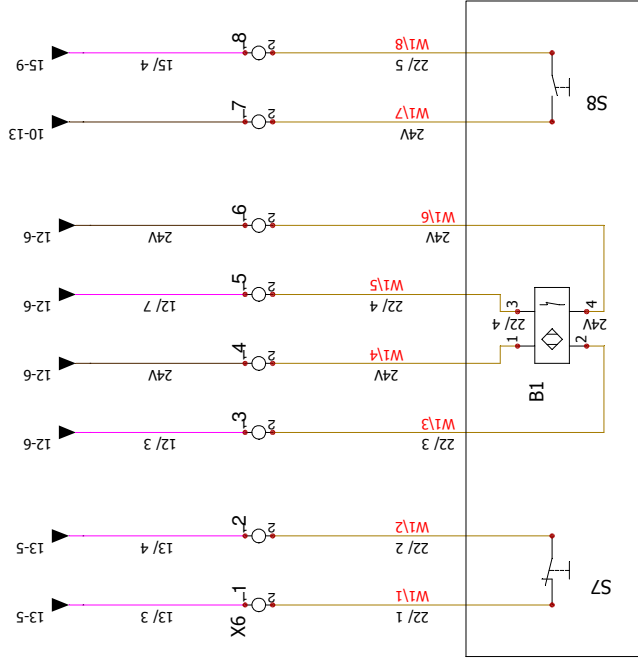
L1

Cuadro Principal

REVISION	0
SCHEME	21

REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	02/08/2011	Alex	User data 3





Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

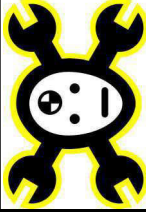
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

## Puerta

REVISION					
0					
SCHEME					
22					
REV.		DATE		CHANGES	
0		02/08/2011		Alex	
				NAME	
				Drawing date	
				User data 3	



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

Entradas reserva

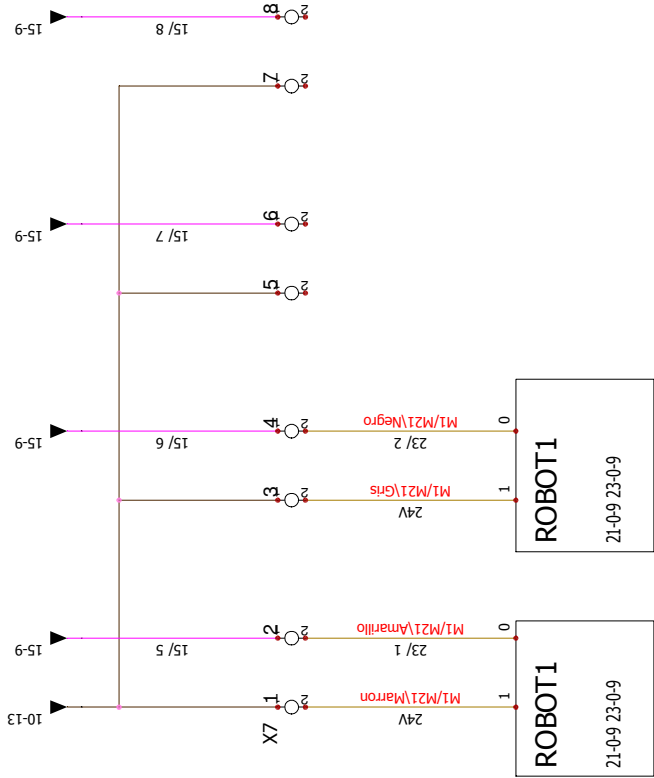
CONTRACT Nº :

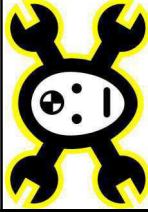
LOCATION: L1

Cuadro Principal

REVISION	
0	
SCHEME	
23	

REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	02/08/2011	Alex	
Drawing date			User data 3





Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

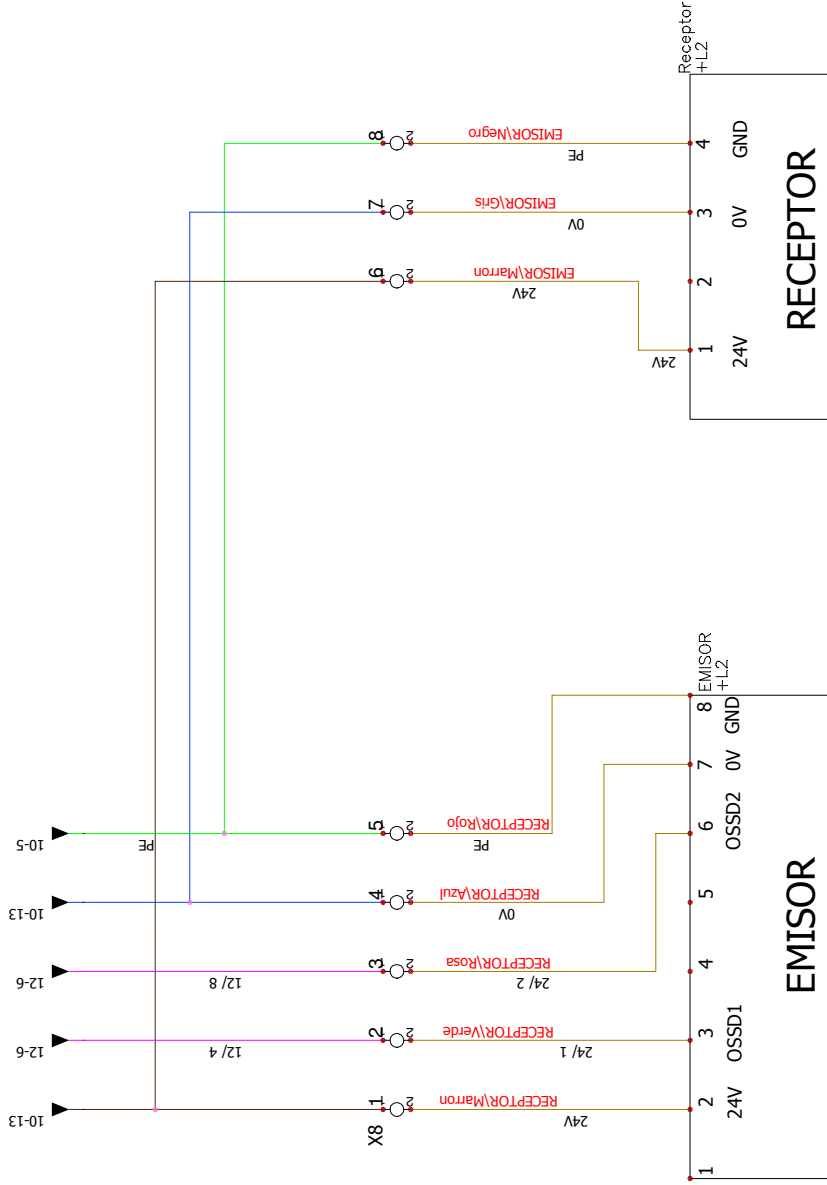
# Barrera de Seguridad

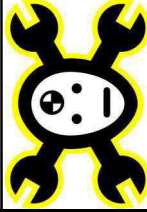
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

REVISION			
0	02/08/2011	Alex	
SCHEME			
24	REV.	DATE	NAME
Drawing date			CHANGES
			User data 3





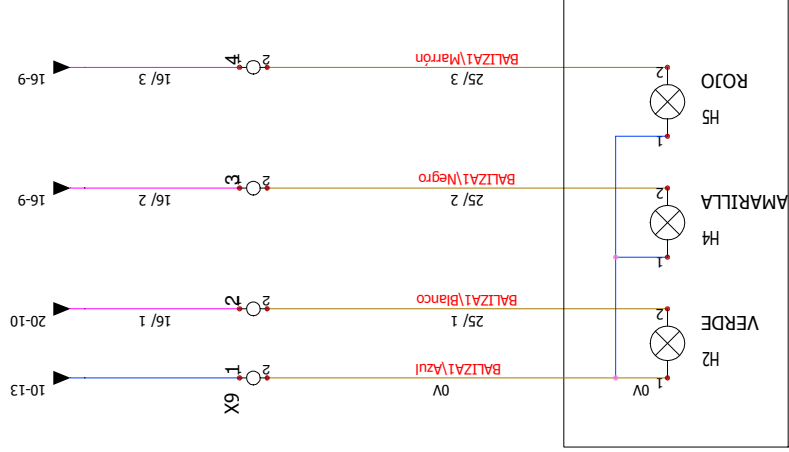
Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

# Baliza

CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal



REVISION	
0	
SCHEME	
25	

REV.		DATE	NAME	CHANGES
0	02/08/2011	Alex		
Drawing date				User data 3



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

# Salidas reserva

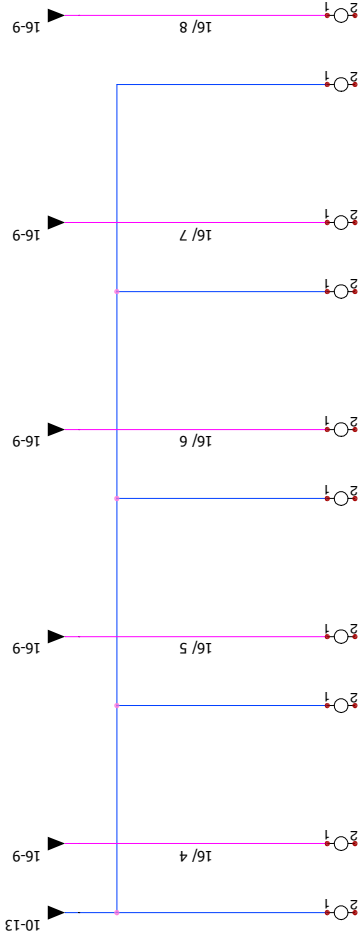
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

REVISION	0
SCHEME	26

REV.	0	DATE	02/08/2011	NAME	Alex
Drawing date				CHANGES	
				User data 3	





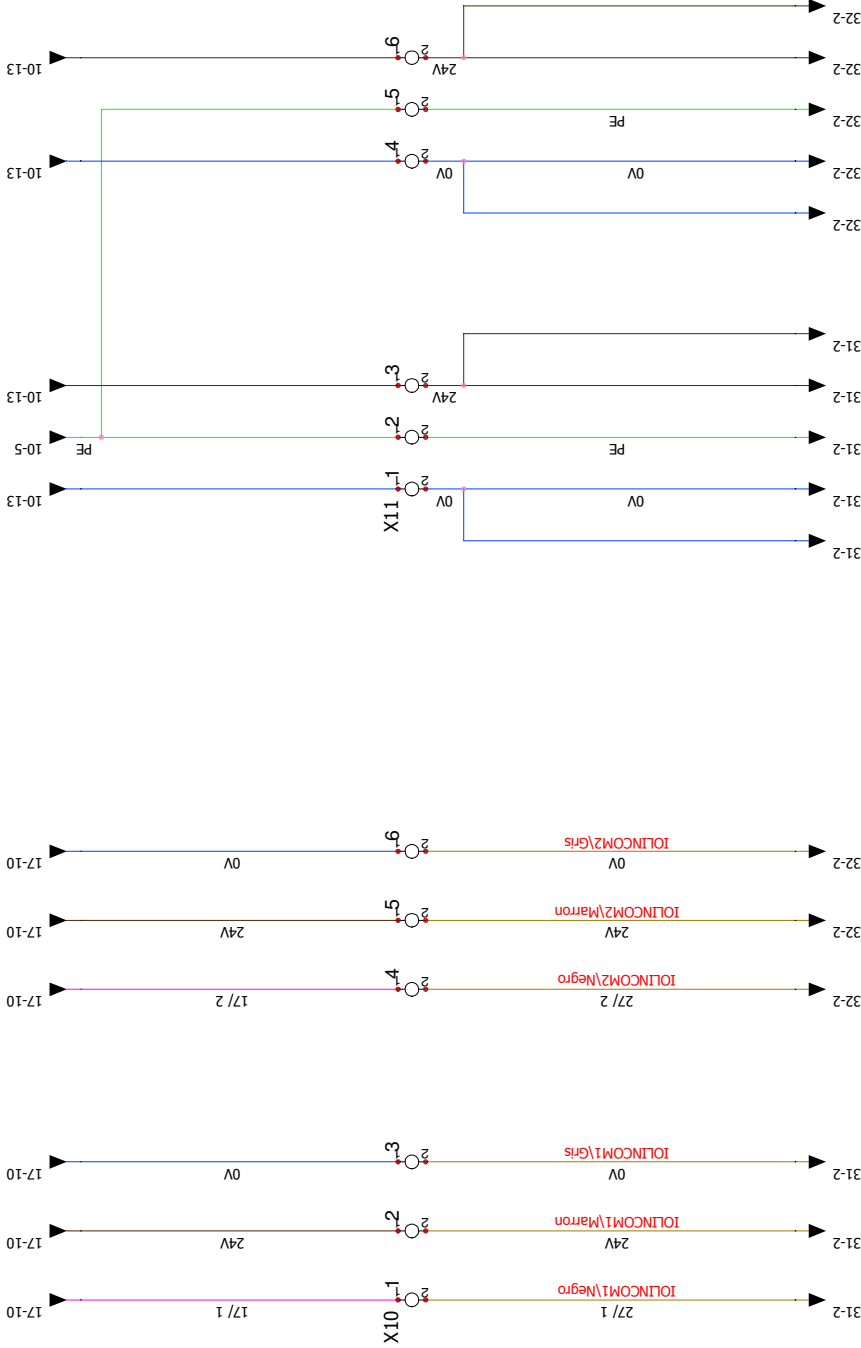
Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

# IO- LINK Comunicacion y Potencia

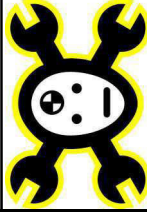
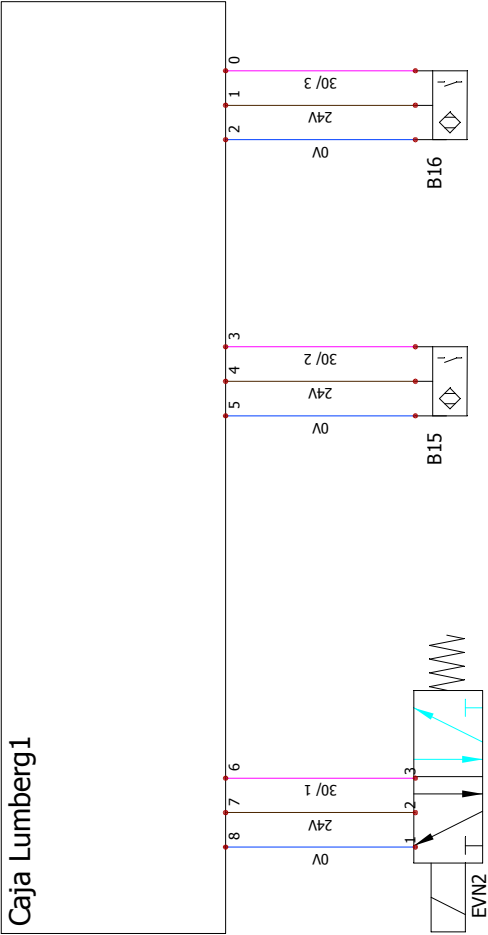
CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal



REVISION		CHANGES	
0		Alex	NAME
0	02/08/2011	DATE	
REV.	Drawing date		
		User data 3	



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

## Mordaza Robot

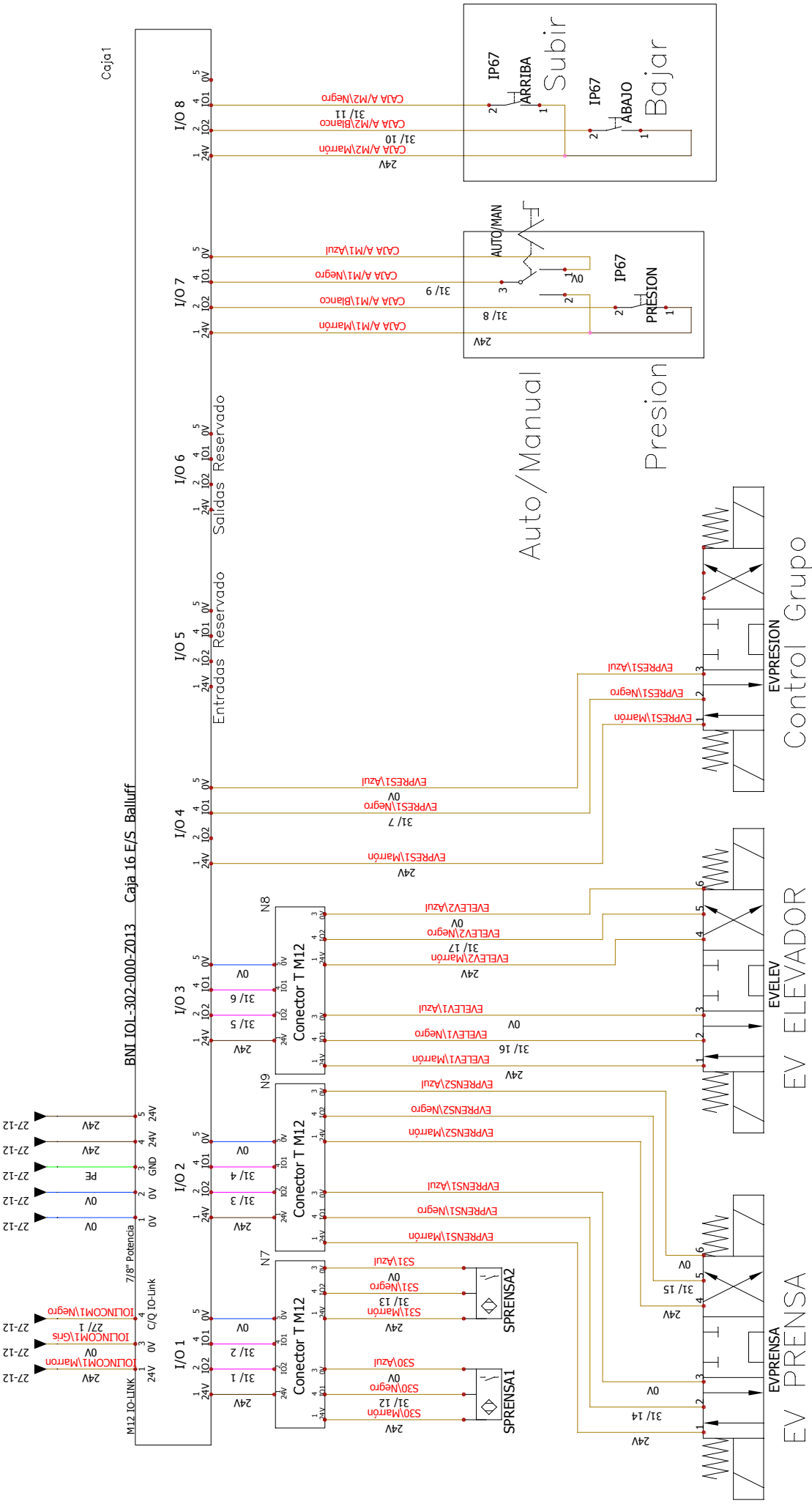
CONTRACT Nº :

LOCATION: L2

Exterior

REVISION					
0					
0		04/05/2011	Alex		
REV.		DATE	NAME	CHANGES	
		Drawing date		User data 3	
				30	
				SCHEME	





Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

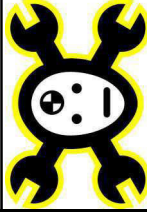
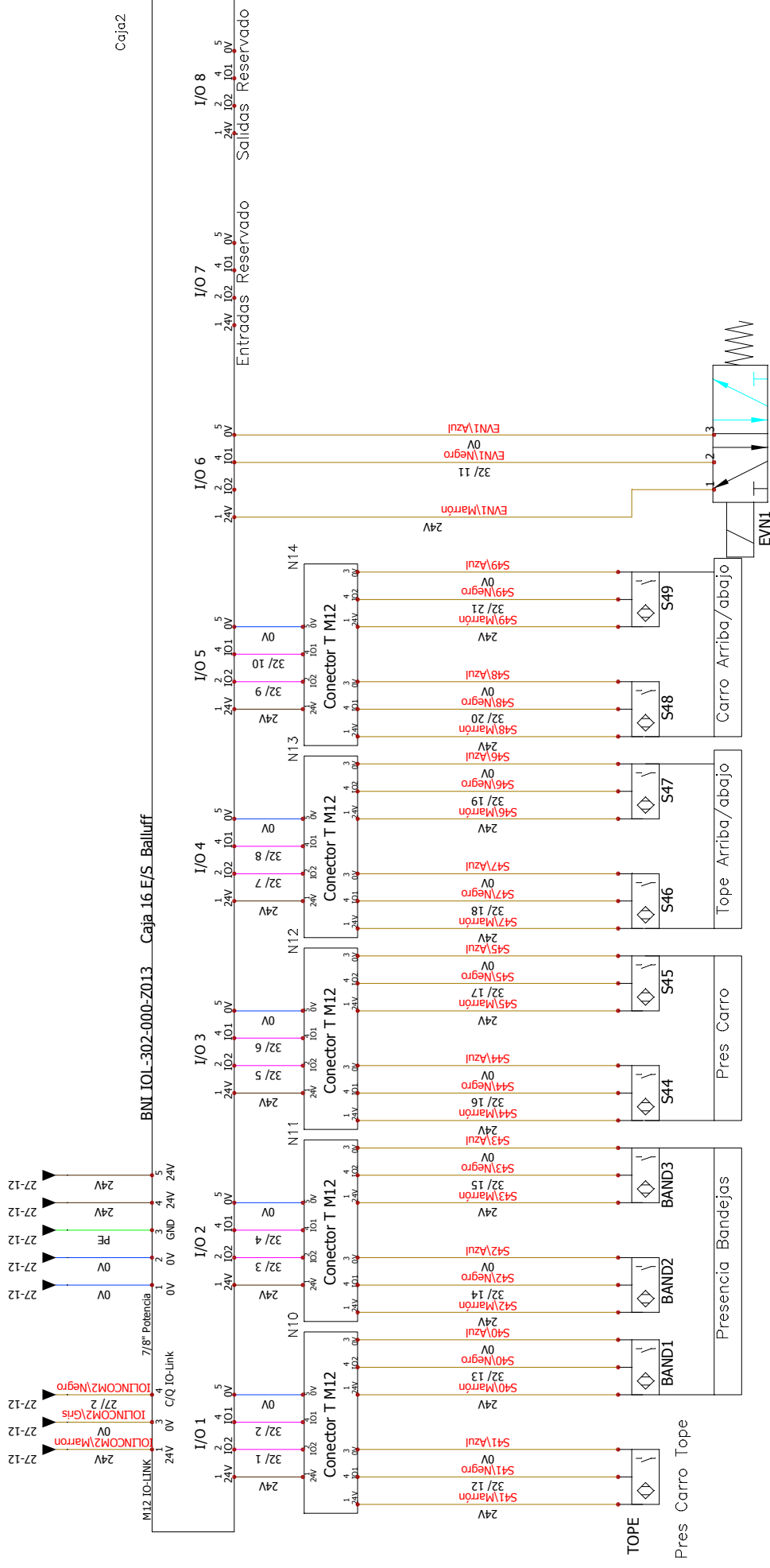
Prensa

CONTRACT Nº :  
LOCATION: L3  
Prensa

REV.	DATE	NAME
0	26/04/2011	Alex

CHANGES  
User data 3

REVISION  
0  
SCHEME  
31



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

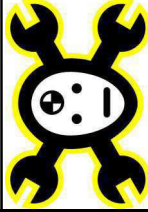
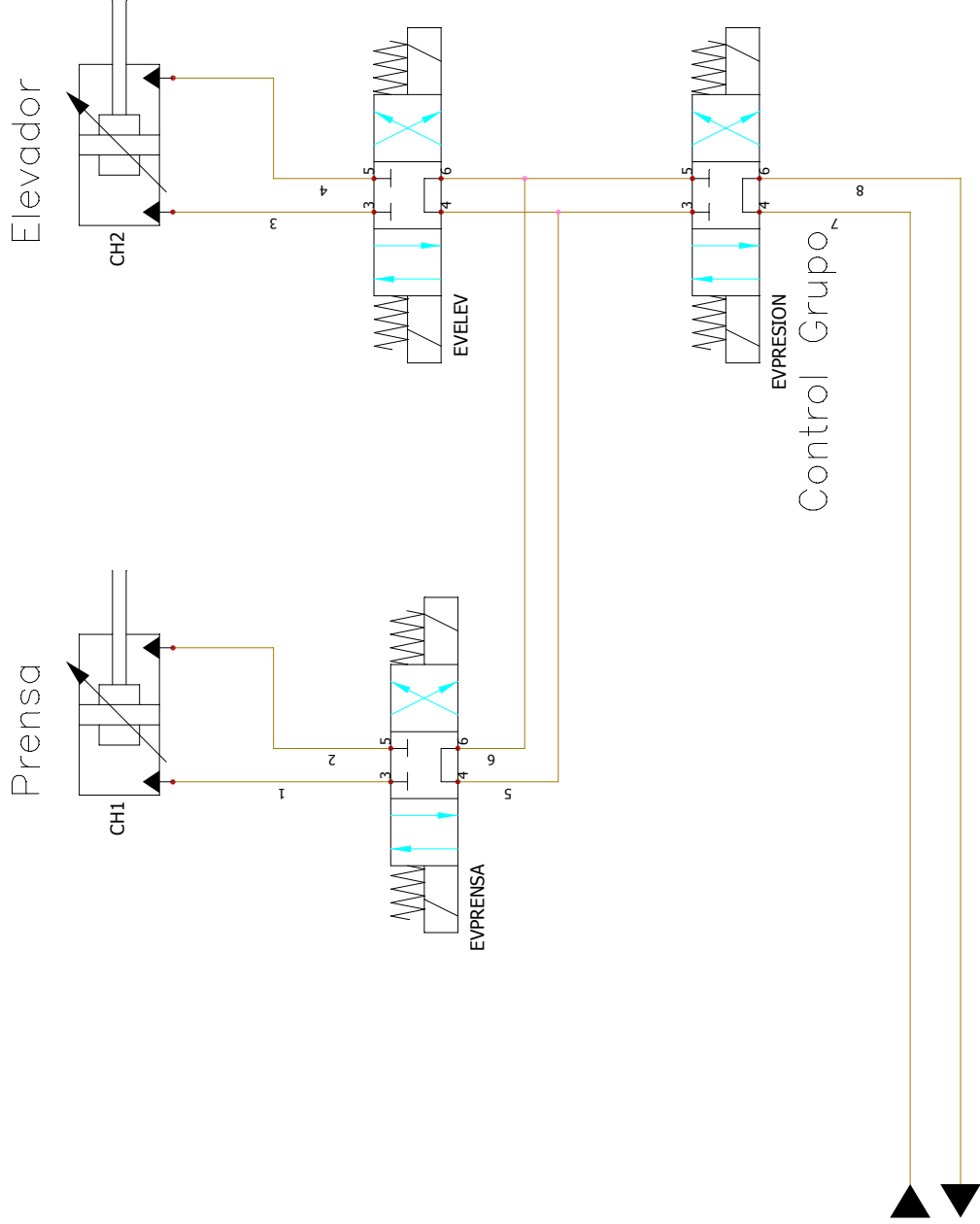
# Elevador

CONTRACT N° :

LOCATION: L4

Elevador

					REVISION	0	Scheme	32
				Alex				
		REV.	DATE	NAME			CHANGES	
	Drawing date						User data 3	



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

## Hidráulica

CONTRACT Nº :

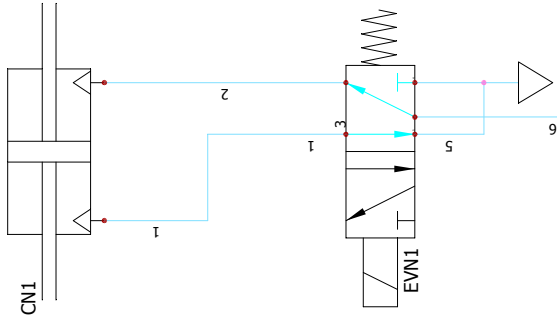
LOCATION: L3

Prensa

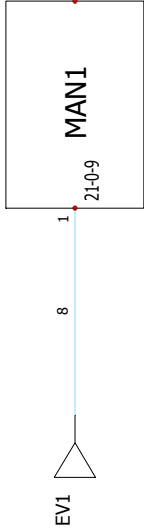
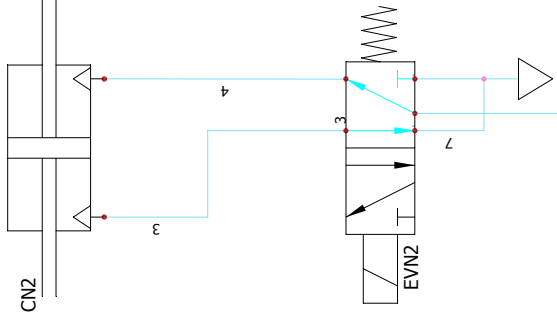
REVISION	0
SCHEME	50

REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	04/05/2011	Alex	
			User data 3

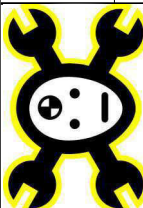
Mordaza Robot



Tope Elevador



Unidad de Mantenimiento



Atomic Robotic  
C/ Juan de la Cierva, 8 - Nave 10

Neumática

CONTRACT Nº :

LOCATION: L1

Cuadro Principal

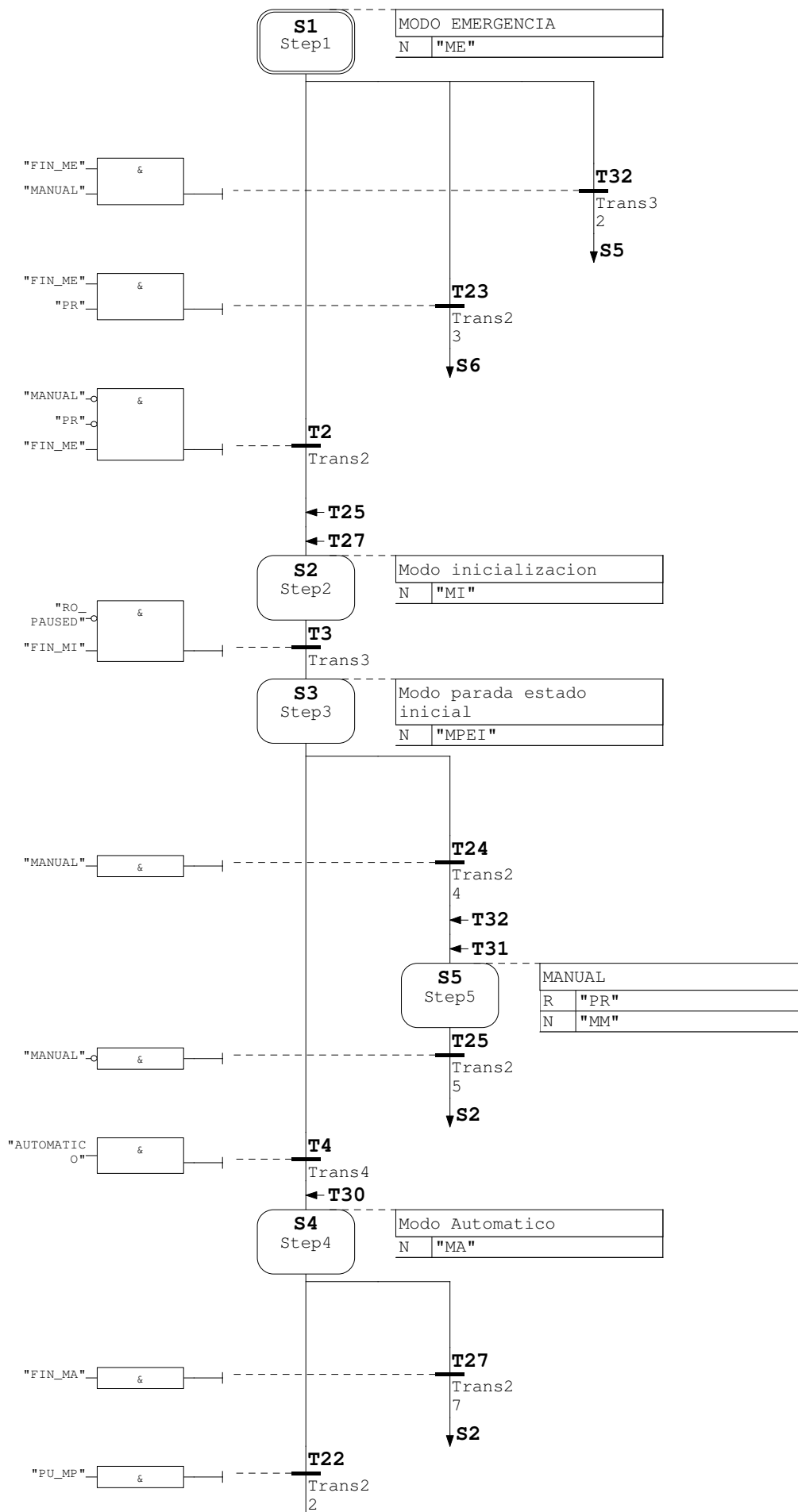
REVISION	0
SCHEME	51

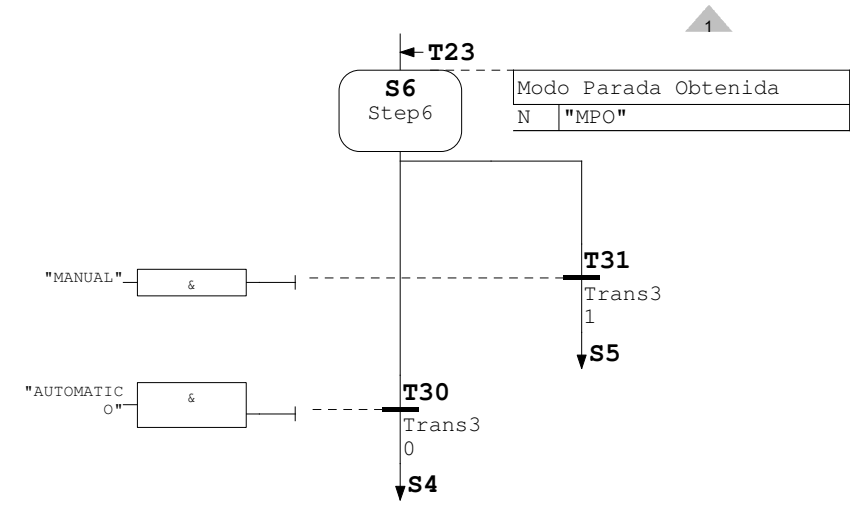
REV.	DATE	NAME	CHANGES
0	04/05/2011	Alex	User data 3

## **Anexo IV:**

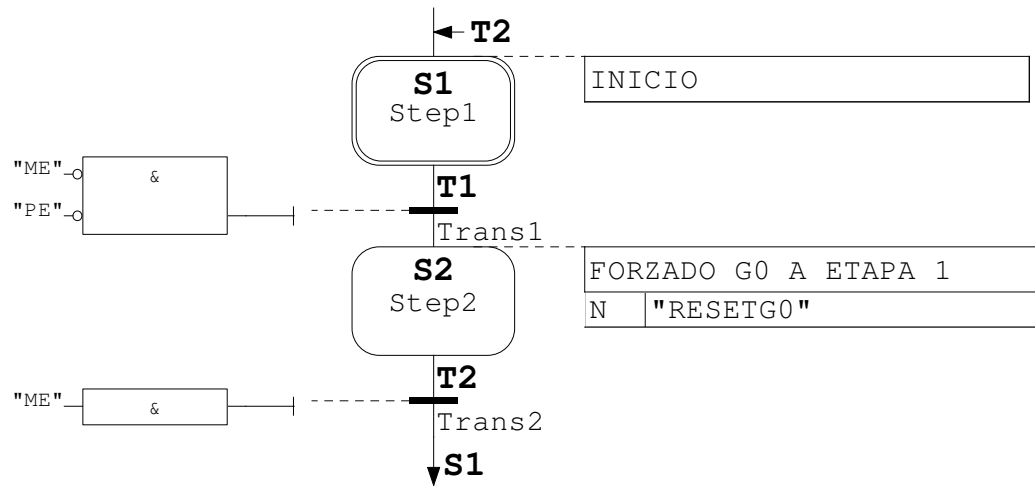
# **Grafcets Automata**

Gestion modo de funcionamiento G0



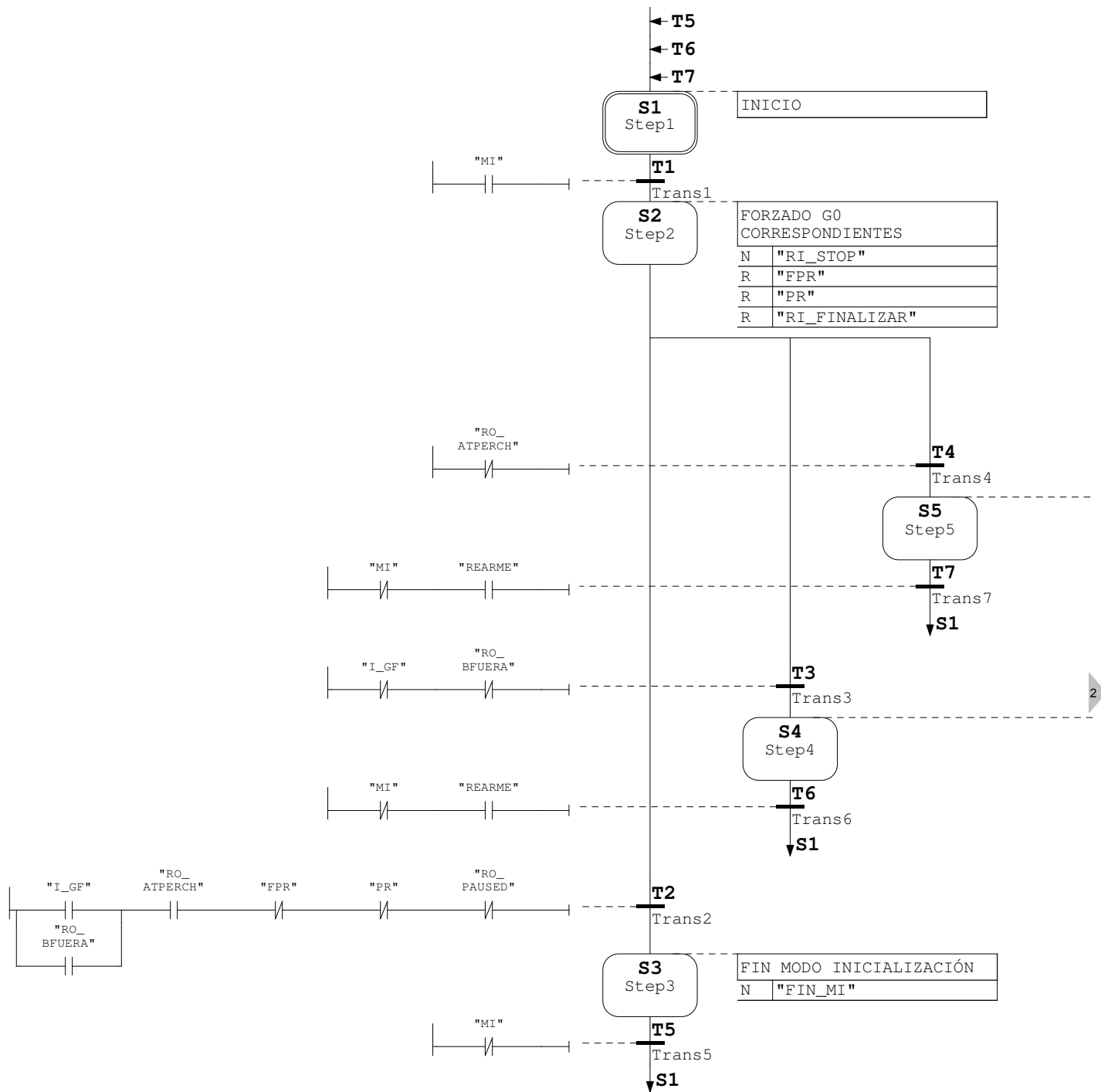


## Detección de emergencia G1





## MODO DE INICIALIZACION G2



---

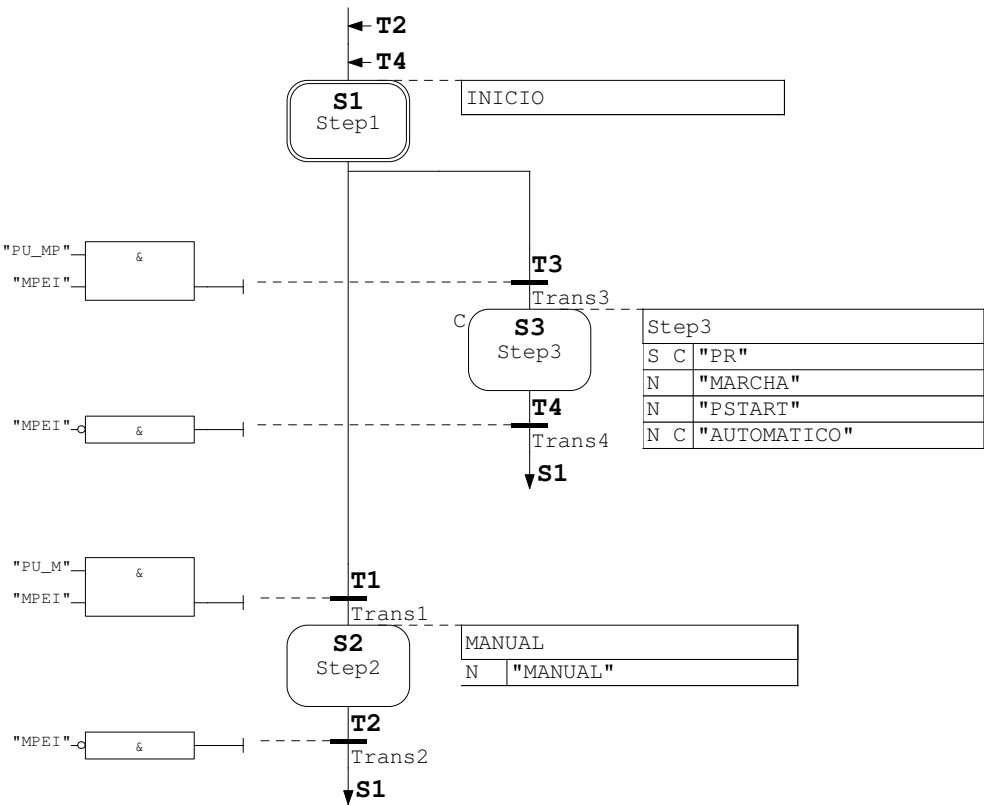
ERROR ROBOT NO ESTA EN POICION	
N	"E2 "

1

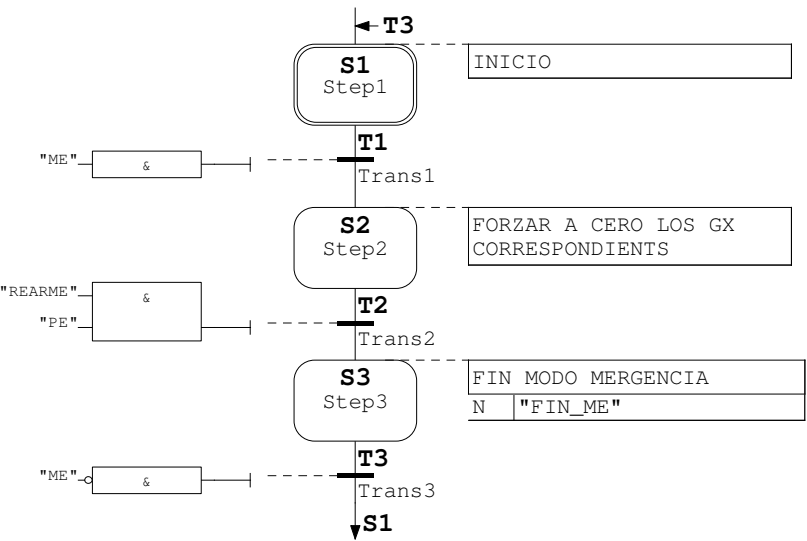
---

ERROR GARFIOS DENTRO	
N	"E1 "

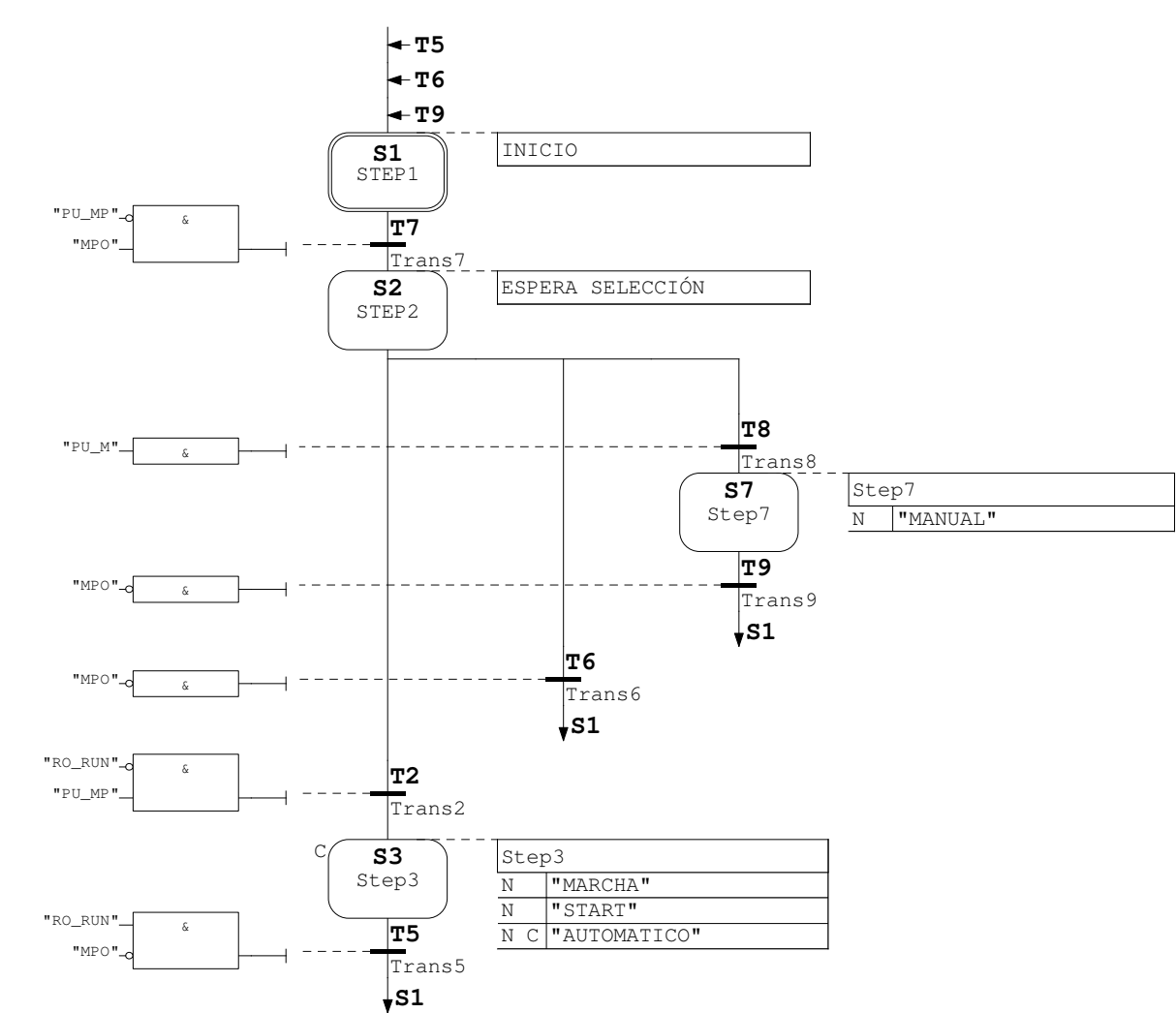
G3 MODO DE PARADA EN ESTADO INICIAL



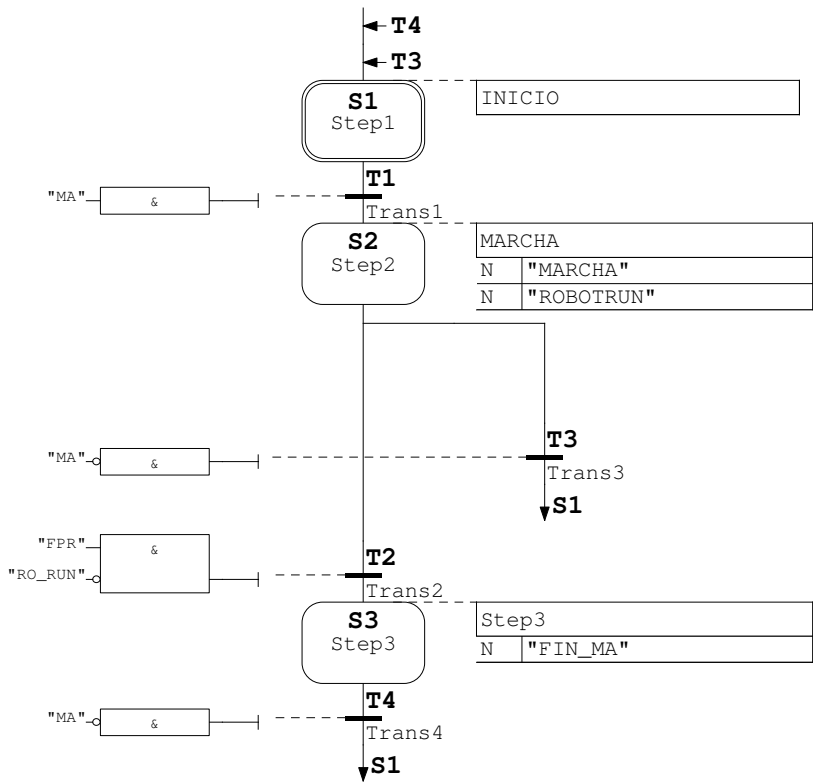
G4 MODO DE EMRGENCIA



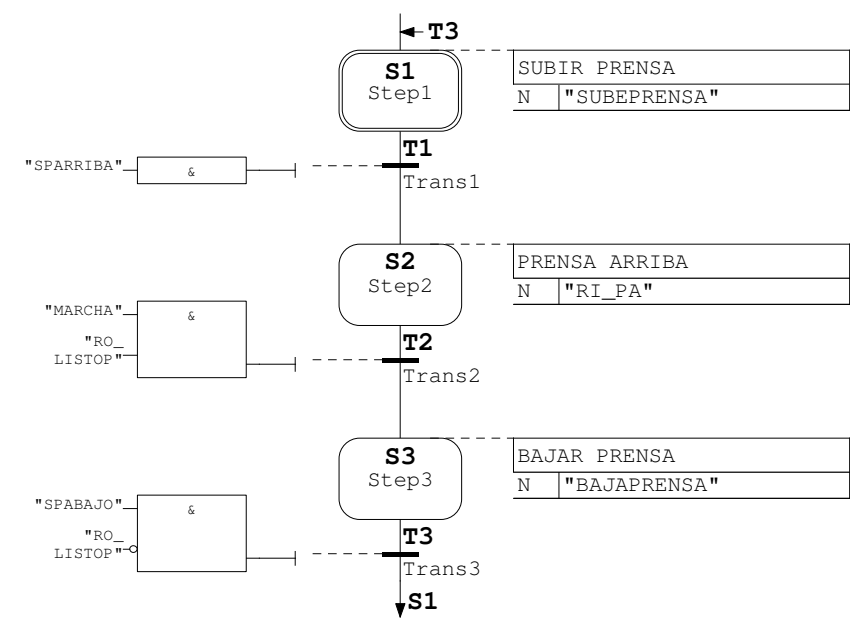
G5 MODO PARADA OBTENIDA



G6 MODO AUTOMATICO



G7 PRENSA



## G8 ELEVADOR

